

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JCS72 U.S. PTO
09/405848
09/27/99

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1998年 9月29日

出 願 番 号
Application Number:

平成10年特許願第274637号

出 願 人
Applicant(s):

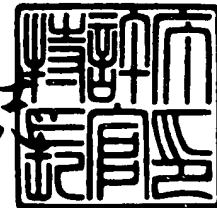
ミノルタ株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

1999年 8月13日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伴佐山 建



出証番号 出証特平11-3057201

【書類名】 特許願

【整理番号】 TL02581

【提出日】 平成10年 9月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 11/24

【発明の名称】 3次元計測装置及び撮像制御方法

【請求項の数】 3

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

 【氏名】 宮崎 誠

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

 【氏名】 糊田 寿夫

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

 【氏名】 佐藤 一睦

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

 【氏名】 岡田 浩幸

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

 【氏名】 掃部 幸一

【特許出願人】

 【識別番号】 000006079

【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100086933

【弁理士】

【氏名又は名称】 久保 幸雄

【電話番号】 06-304-1590

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010995

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9716123

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 3次元計測装置及び撮像制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体に検出光を照射する投光手段と、

前記検出光の照射方向を偏向させて前記物体を光学的に走査するための走査手段と、

2次元の撮像面を有し前記物体で反射した前記検出光を受光する撮像デバイスと、

前記撮像面のうち有効領域に撮像された画像情報を各画素毎に前記検出光が前記撮像面を移動する方向に沿って順次連続的に読み出すように、且つ各前記有効領域における画像情報の読出し完了毎に前記有効領域を所定画素分だけ前記検出光が前記撮像面を移動する方向と同一の方向に順次移動するように、前記撮像デバイスを制御する制御手段と、

を有することを特徴とする3次元計測装置。

【請求項2】

前記撮像デバイスは、MOS型のイメージセンサである、

請求項1記載の3次元計測装置。

【請求項3】

物体に検出光を照射する投光手段と、前記検出光の照射方向を偏向させて前記物体を光学的に走査するための走査手段と、2次元の撮像面を有し前記物体で反射した前記検出光を受光する撮像デバイスとを有し、前記撮像デバイスから出力される画像情報と当該画像情報に対応する前記検出光の照射方向とに基づいて前記物体の3次元画像を求める3次元計測装置における撮像制御方法において、前記撮像面のうち有効領域に撮像された画像情報を各画素毎に前記検出光が前記撮像面を移動する方向に沿って順次連続的に読み出し、且つ各前記有効領域における画像情報の読出し完了毎に前記有効領域を所定画素分だけ移動させる、

ことを特徴とする3次元計測装置における撮像制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、物体にスリット光又はスポット光を照射して物体形状を非接触で計測する3次元計測装置及び撮像制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

レンジファインダと呼称される非接触型の3次元計測システムは、接触型に比べて高速の計測が可能であることから、CGシステムやCADシステムへのデータ入力、身体計測、ロボットの視覚認識などに利用されている。

【0003】

レンジファインダに好適な計測方法としてスリット光投影法（光切断法ともいう）が知られている。この方法は、物体を光学的に走査して3次元画像（距離画像）を得る方法であり、特定の検出光を照射して物体を撮影する能動的計測方法の一種である。3次元画像は、物体上の複数の部位の3次元位置を示す画素の集合である。スリット光投影法では、検出光として断面が直線状のスリット光が用いられる。物体で反射したスリット光は受光センサの撮像面に結像する。

【0004】

このようなレンジファインダの受光センサとして、2次元の撮像面を有したCCDイメージセンサやMOS型イメージセンサなどが用いられる。

CCDイメージセンサは、蓄積された電荷のリセット及び電荷移送を撮像面の画素すべてについて同一タイミングで行うことができる。電荷蓄積の後、各画素データは順次読み出されるが、このときに得られる各画素データは同じタイミングで得られたデータである。したがって、検出光が移動していても、物体の撮像タイミングがずれることがなく、物体の良好な3次元画像が得られる。

【0005】

一方、MOS型イメージセンサでは、各画素毎に、リセット、電荷蓄積、及び読出しを独立して行う。つまり、各画素データごとに撮像タイミングがずれることになる。このため、物体の良好な3次元画像が得られないことがある。

【0006】

MOS型イメージセンサは、ランダムアクセスが可能であるので、撮像データの必要な画素を部分的に選択することができ、不必要な部分を読み出すことなく高速に読出しが行える。

【0007】

したがって、レンジファインダの受光センサにMOS型イメージセンサを用いた場合には、撮像の高速化を図ることができる。

ところで、レンジファインダにおいては、3次元画像の演算を高速に行うために、受光センサにおける読出しは、受光センサにおける撮像面の全体でなく、撮像面の一部の有効受光領域（帯状領域）のみを対象にして行われる（特開平9-145319）。

【0008】

また、この有効受光領域は、ある有効受光領域における画像情報の読出し完了毎に1ライン分だけ検出光が撮像面を移動する方向と同一の方向に順次シフトするように制御される。

【0009】

計測の分解能を受光センサにおける画素ピッチに応じた値よりも高精度にするために、複数の有効受光領域から得られた撮像データに対して重心演算が行われる。

【0010】

従来において、受光センサにMOS型イメージセンサを用いた場合において、各画素の読出しは、検出光が撮像面を移動する方向と垂直な方向に沿って各画素毎に順次連続的に読み出される水平転送方式により行われていた（特開平7-174536）。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述したMOS型イメージセンサで得られた撮像データの読出しを行う際に、有効受光領域は1ライン分ずつシフトしていくので、有効受光領域内のある特定の注目画素が読み出されるタイミングは、有効受光領域のシフトの回数を重ねるにしたがって早くなり、有効受光領域が1ライン分シフトするタイミン

グからずれていく。

【0012】

このタイミングのずれは、ある特定の注目画素について、有効受光領域が順次シフトするにつれて大きくなる。つまり、上述した水平転送方式においては、有効受光領域が1つシフトする毎に、1ライン分の読出し時間がタイミングのずれに加算される。その結果、1番目を読み出す際に最大で1ライン分の時間差であったものが、32番目を読み出す際には、31ライン分の読出しの時間差が生じてしまう。

【0013】

したがって、複数の有効受光領域における注目画素のデータに基づいて重心演算を行った場合には、演算結果に大きな誤差が含まれてしまい、演算結果は信頼できないものとなる。演算結果を一応信頼できるものとするためには、上述したタイミングのずれを小さくするための補正処理を行うことが考えられるが、そのような処理は極めて面倒である。

【0014】

本発明は、上述の問題に鑑みてなされたもので、有効受光領域内の注目画素が読み出されるタイミングと、有効受光領域を1ライン分シフトするタイミングとのずれを補正する処理を別途必要とせず、精度の良い3次元画像を得ることのできる3次元計測装置及び撮像制御方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明に係る3次元計測装置は、物体に検出光を照射する投光手段と、前記検出光の照射方向を偏向させて前記物体を光学的に走査するための走査手段と、2次元の撮像面を有し前記物体で反射した前記検出光を受光する撮像デバイスと、前記撮像面のうち有効領域に撮像された画像情報を各画素毎に前記検出光が前記撮像面を移動する方向に沿って順次連続的に読み出すように、且つ各前記有効領域における画像情報の読出し完了毎に前記有効領域を所定画素分だけ前記検出光が前記撮像面を移動する方向と同一の方向に順次移動するように、前記撮像デバイスを制御する制御手段と、を有する。

【0016】

請求項2の発明に係る3次元計測装置では、前記撮像デバイスは、MOS型のイメージセンサである。

請求項3の発明に係る撮像制御方法は、物体に検出光を照射する投光手段と、前記検出光の照射方向を偏向させて前記物体を光学的に走査するための走査手段と、2次元の撮像面を有し前記物体で反射した前記検出光を受光する撮像デバイスとを有し、前記撮像デバイスから出力される画像情報と当該画像情報に対応する前記検出光の照射方向とに基づいて前記物体の3次元画像を求める3次元計測装置における撮像制御方法において、前記撮像面のうち有効領域に撮像された画像情報を各画素毎に前記検出光が前記撮像面を移動する方向に沿って順次連続的に読み出し、且つ各前記有効領域における画像情報の読み出し完了毎に前記有効領域を所定画素分だけ移動させる。

【0017】

【発明の実施の形態】

図1は本発明に係る計測システム1の構成図である。

計測システム1は、スリット光投影法によって立体計測を行う3次元カメラ（レンジファインダ）2と、3次元カメラ2の出力データを処理するホスト3とから構成されている。

【0018】

3次元カメラ2は、物体Q上の複数のサンプリング点の3次元位置を特定する計測データとともに、物体Qのカラー情報を示す2次元画像及びキャリブレーションに必要なデータを出力する。三角測量法を用いてサンプリング点の座標を求める演算処理はホスト3が担う。

【0019】

ホスト3は、CPU3a、ディスプレイ3b、キーボード3c、及びマウス3dなどから構成されたコンピュータシステムである。CPU3aには計測データ処理のためのソフトウェアが組み込まれている。ホスト3と3次元カメラ2との間では、オンライン及び可搬型の記録メディア4によるオフラインの両方の形態のデータ受渡しが可能である。記録メディア4としては、光磁気ディスク（MO

）、ミニディスク（MD）、メモ리카ードなどがある。

【0020】

図2は3次元カメラ2の外観を示す図である。

ハウジング20の前面に投光窓20a及び受光窓20bが設けられている。投光窓20aは受光窓20bに対して上側に位置する。内部の光学ユニットOUが射出するスリット光（所定幅wの帯状のレーザビーム）Uは、投光窓20aを通過して計測対象の物体（被写体）に向かう。スリット光Uの長さ方向M1の放射角度 ϕ は固定である。物体の表面で反射したスリット光Uの一部が受光窓20bを通過して光学ユニットOUに入射する。なお、光学ユニットOUは、投光軸と受光軸との相対関係を適正化するための2軸調整機構を備えている。

【0021】

ハウジング20の上面には、ズーミングボタン25a、25b、手動フォーカシングボタン26a、26b、及びシャッターボタン27が設けられている。図2（b）のように、ハウジング20の背面には、液晶ディスプレイ21、カーソルボタン22、セレクトボタン23、キャンセルボタン24、アナログ出力端子32、ディジタル出力端子33、及び記録メディア4の着脱口30aが設けられている。

【0022】

液晶ディスプレイ（LCD）21は、操作画面の表示手段及び電子ファインダとして用いられる。撮影者は背面の各ボタン21～24によって撮影モードの設定を行うことができる。アナログ出力端子32からは、2次元画像信号が例えばNTSC形式で出力される。ディジタル出力端子33は例えばSCSI端子である。

【0023】

図3は3次元カメラ2の機能構成を示すブロック図である。図中の実線矢印は電気信号の流れを示し、破線矢印は光の流れを示している。

3次元カメラ2は、上述の光学ユニットOUを構成する投光側及び受光側の2つの光学系40、50を有している。光学系40において、半導体レーザ（LD）41が射出する波長685nmのレーザビームは、投光レンズ系42を通過す

ることによってスリット光となり、ガルバノミラー（走査手段）43によって偏向される。半導体レーザ41のドライバ44、投光レンズ系42の駆動系45、及びガルバノミラー43の駆動系46は、システムコントローラ61によって制御される。

【0024】

光学系50において、ズームユニット51によって集光された光はビームスプリッタ52によって分光される。半導体レーザ41の発振波長帯域の光は、計測用のイメージセンサ53に入射する。可視帯域の光は、モニタ用のカラーセンサ54に入射する。イメージセンサ53はMOS型センサであり、カラーセンサ54はCCDエリアセンサである。ズームユニット51は内焦型であり、入射光の一部がオートフォーカシング（AF）に利用される。AF機能は、AFセンサ57とレンズコントローラ58とフォーカシング駆動系59によって実現される。ズーミング駆動系60は電動ズーミングのために設けられている。

【0025】

イメージセンサ53による撮像情報は、ドライバ55からのクロックに同期してメモリ63に格納される。カラーセンサ54による撮像情報は、ドライバ56からのクロックに同期してカラー処理回路67へ転送される。カラー処理を受けた撮像情報は、NTSC変換回路70及びアナログ出力端子32を経てオンライン出力され、又はデジタル画像生成部68で量子化されてカラー画像メモリ69に格納される。その後、カラー画像データがカラー画像メモリ69からSCSIコントローラ66へ転送され、デジタル出力端子33からオンライン出力され、又は計測データと対応づけて記録メディア4に格納される。なお、カラー画像は、イメージセンサ53による距離画像と同一の画角の像であり、ホスト3側におけるアプリケーション処理に際して参考情報として利用される。カラー情報を利用する処理としては、例えばカメラ視点の異なる複数組の計測データを組み合わせて3次元形状モデルを生成する処理、3次元形状モデルの不要の頂点を間引く処理などがある。システムコントローラ61は、図示しないキャラクタジェネレータに対して、LCD21の画面上に適切な文字や記号を表示するための指示を与える。

【0026】

出力処理回路62は、イメージセンサ53の出力する各画素gの光電変換信号を増幅する増幅器、及び光電変換信号を8ビットの受光データに変換するAD変換部を有している。メモリ63は、200×32×33Byteの記憶容量を持つ読み書き可能なメモリであり、出力処理回路62から出力される受光データを記憶する。メモリ制御回路63Aは、メモリ63への書込み及び読出しのアドレス指定を行う。

【0027】

重心演算回路73は、メモリ63に記憶された受光データに基づいて、計測対象の物体の形状に対応した濃淡画像を生成して表示用メモリ74に出力し、また、3次元位置を算出するための基となるデータを算出し出力用メモリ64に出力する。LCD21の画面には、表示用メモリ74に記憶された濃淡画像、カラー画像メモリ69に記憶されたカラー画像などを表示する。

【0028】

図4は投光レンズ系42の構成を示す模式図である。図4(a)は正面図であり、図4(b)は側面図である。

投光レンズ系42は、コリメータレンズ421、バリエータレンズ422、及びエキスパンダレンズ423の3つのレンズから構成されている。半導体レーザー41が射出したレーザービームに対して、次の順序で適切なスリット光Uを得るための光学的処理が行われる。まず、コリメータレンズ421によってビームが平行化される。次にバリエータレンズ422によってレーザービームのビーム径が調整される。最後にエキスパンダレンズ423によってビームがスリット長さ方向M1に拡げられる。

【0029】

バリエータレンズ422は、撮影距離及び撮影の面角に係わらず、イメージセンサ53に3以上の複数画素分の幅のスリット光Uを入射させるために設けられている。駆動系45は、システムコントローラ61の指示に従って、イメージセンサ53上でのスリット光Uの幅wを一定に保つようにバリエータレンズ422を移動させる。バリエータレンズ422と受光側のズームユニット51とは連動

する。

【0030】

ガルバノミラー43による偏向の以前にスリット長を拡げることにより、偏向の後で行う場合に比べてスリット光Uの歪みを低減することができる。エキスパンダレンズ423を投光レンズ系42の最終段に配置することにより、すなわちガルバノミラー43に近づけることにより、ガルバノミラー43を小型化することができる。

【0031】

図5は計測システム1における3次元位置の算出の原理図である。同図では理解を容易にするため、受光量のサンプリングについて5回分のみが示されている。

【0032】

イメージセンサ53の撮像面S2上で複数画素分となる比較的幅の広いスリット光Uを物体Qに照射する。具体的にはスリット光Uの幅を5画素分とする。スリット光Uは、サンプリング周期毎に撮像面S2上で1画素ピッチ p_v だけ移動するように、図5の上から下に向かって偏向され、それによって物体Qが走査される。サンプリング周期毎にイメージセンサ53から1フレーム分の受光データ（光電変換情報）が出力される。なお、この偏向は実際には等角速度で行われる。

【0033】

撮像面S2の1つの画素gに注目すると、本実施形態においては、走査中に行う32回のサンプリングによって32回分の受光データが得られる。これら32回分の受光データに対する重心演算によって、注目画素gがにらむ範囲の物体表面 a_g をスリット光Uの光軸が通過するタイミング（時間重心 N_{peak} 又は重心 i_p ）を求める。

【0034】

物体Qの表面が平面であって光学系の特性によるノイズがない場合には、注目画素gの受光量は、図5（b）に示すように、スリット光Uが通過するタイミングにおいて多くなり、通常、正規分布に近くなる。同図のようにn回目とその1

つ前の (n-1) 回目の間のタイミングで受光量が最大であった場合には、そのタイミングが時間重心 N p e a k とほぼ一致する。

【0035】

求めた時間重心 N p e a k におけるスリット光の照射方向と、注目画素に対するスリット光の入射方向との関係に基づいて、物体 Q の位置 (座標) を算出する。これにより、撮像面の画素ピッチ p v で規定される分解能より高い分解能の計測が可能となる。

【0036】

なお、注目画素 g の受光量は物体 Q の反射率に依存する。しかし、サンプリングの各受光量の相対比は受光の絶対量に係わらず一定である。つまり、物体色の濃淡は計測精度に影響しない。

【0037】

図 6 はイメージセンサ 53 の読出し範囲を示す図である。

図 6 に示すように、イメージセンサ 53 における 1 フレームの読出しは、撮像面 S 2 の全体ではなく、高速化を図るために撮像面 S 2 の一部である有効受光領域 (帯状画像) A e のみを対象に行われる。有効受光領域 A e は、スリット光 U のある照射タイミングにおける物体 Q の計測可能距離範囲 d' (図 14 参照) に対応する撮像面 S 2 上の領域であり、スリット光 U の偏向に伴ってフレーム毎に 1 画素分ずつシフトする。本実施形態では、有効受光領域 A e のシフト方向の画素数は 32 に固定されている。

【0038】

イメージセンサ 53 は MOS 型センサであり、ランダムアクセスが可能であるので、撮像データの必要な画素を部分的に選択することができ、不必要な部分を読み出すことなく高速に読出しが行える。

【0039】

図 7 はイメージセンサ 53 の構成の模式図である。

イメージセンサ 53 は、撮像面 S 2 の各画素 g を順に指定して受光情報を読み出すいわゆる X-Y アドレス走査型の撮像デバイスであって、各画素 g に対応したスイッチの制御によって任意の範囲の読出しが可能である。一般的には、垂直

走査回路 531 と水平走査回路 532 とを構成するデジタルシフトレジスタに所定のタイミングでシフト信号を入力することにより、ライン順次の読出しが行われる。ラインは水平方向の画素列である。本実施形態において、水平方向は物体 Q の走査における主走査方向に相当する方向であり、垂直方向は副走査方向（スリット光の偏向方向）に相当する方向である。ただし、イメージセンサ 53 の配置の向きは光学系の構成に応じて変更可能であるので、ここでの垂直方向が必ずしも実空間での鉛直方向と一致するとは限らない。

【0040】

イメージセンサ 53 においては、垂直走査回路 531 に対して走査開始ラインを示すレジスタ初期値を与える走査開始セットレジスタ 533 が設けられ、これによって上述の有効受光領域 A e（帯状画像）の読出しが実現される。

【0041】

走査開始セットレジスタ 533 へは走査開始位置を表すデータ信号 sgn1、及び走査終了位置を表すデータ信号 sgn2 を入力することで、どの位置の有効受光領域 A e の撮影像（帯状画像）を読み出すかを指示する。

【0042】

また、撮像面 S2 の画素数が増加するとデータ信号 sgn1 のビット数が増えるので、入力端子の低減の上でデータ信号 sgn1 のデコーダ 534 を設けるのが望ましい。読出し開始時には、走査開始セットレジスタ 533 の内容を垂直走査回路 531 に並列転送することで走査開始位置及び走査終了位置がセットされたことになる。

【0043】

帯状画像の読出しは、水平走査を繰り返すのではなく垂直走査を繰り返すことにより行う。まず、イメージセンサ 53 は、水平方向に沿って配列された列の 1 列目に対して垂直走査を開始位置から終了位置まで行うことで垂直方向に並ぶ 33（＝32＋1）個の画素からなる画素列から光電変換信号を出力する。ただし、メモリ 63 への格納の対象になるのは 32 画素分の光電変換信号である。続いて、読出しを行う列を水平方向に 1 画素分シフトさせ、2 列目に対して垂直走査を行って 33 画素分の光電変換信号を出力する。このような動作を繰り返すこと

で指定された位置の帯状画像を出力する。

【0044】

以上の要領で読出しを行うことにより、撮像面 S 2 の全領域の画像を読み出す場合よりはるかに短い時間（読み出す行の数／全領域の行数）で 1 フレームの読出しが完了する。

【0045】

垂直方向に並ぶ 3 3 画素分の範囲の読出しを行う理由は次のとおりである。

MOS 型センサでは、一度読み出された領域はリセットされ次の電荷蓄積を開始するのに対し、読み出されなかった領域は電荷の蓄積が継続して行われる。次の読出しの対象が同じ領域であれば問題はないが、異なる領域を読み出す場合には、 n 回目と $(n+1)$ 回目の読出しで蓄積時間の異なる画像情報が混在することになる。すなわち、光投影法による 3 次元測定においては、スリット光 U の偏向とともに読出しの必要な有効受光領域 A_e が副走査方向（撮像面の垂直方向）にシフトする。したがって、 n 回目と $(n+1)$ 回目とで重複して読み出される領域の画像は前回（ n 回目）の読出しから今回（ $n+1$ ）回目の読出しまでの蓄積時間の画像が読み出されるのに対し、有効受光領域 A_e のシフトによって今回に新たに読み出される領域の画像は 1 回目の撮影から継続して光電変換をした画像となってしまう。そこで、本実施形態においては、読出し対象領域を今回に必要な領域と次回に必要な領域の双方を包含する領域に設定する。こうすることで、次回に読出しが必要な領域については必ず前回に電荷蓄積がクリアされることになり、蓄積時間の異なる画素からなる画像を取り込んでしまうという問題を回避することができる。

【0046】

上に述べたように、イメージセンサ 53 において、有効受光領域 A_e の各画素の読出し方式には、スリット光 U が撮像面 S 2 を移動する方向と同じ方向に沿って各画素毎に順次連続的に読み出される垂直転送方式が適用される。この垂直転送方式を適用した場合には、有効受光領域 A_e の各画素の読出し方式に、スリット光 U が撮像面 S 2 を移動する方向と垂直の方向に沿って各画素毎に順次連続的に読み出される水平転送方式を適用した場合に比べて、重心演算の精度が良くな

る。その理由については後述する。

【0047】

図8はイメージセンサ53の撮像面S2におけるラインとフレームとの関係を示す図、図9～11はメモリ63における各フレームの受光データの記憶状態を示す図である。

【0048】

図8に示すように、撮像面S2の最初のフレームであるフレーム1には、ライン1からライン32までの32（ライン）×200画素分の受光データが含まれる。フレーム2はライン2からライン33まで、フレーム3はライン3からライン34までというように、フレーム毎に1ライン分だけシフトされる。フレーム32はライン32からライン63までである。なお、上述したように1ラインを200画素としている。

【0049】

これらフレーム1からフレーム32までの受光データが、出力処理回路62を介してメモリ63に順次転送され、図9に示す状態でメモリ63に記憶される。つまり、メモリ63には、フレーム1、2、3…の順に受光データが記憶される。各フレームに含まれるライン32のデータは、フレーム1については32ライン目、フレーム2については31ライン目というように、フレーム毎に1ラインづつ上方にシフトされている。フレーム1からフレーム32までの受光データがメモリ63に記憶されると、ライン32の各画素について、時間重心Npeakの算出が行われる。

【0050】

ライン32についての演算が行われている間に、フレーム33の受光データがメモリ63に転送されて記憶される。図10に示すように、フレーム33の受光データは、メモリ63のフレーム32の次の領域に記憶される。フレーム33のデータがメモリ63に記憶されると、これらフレーム2からフレーム33までに含まれるライン33の各画素について、時間重心Npeakの算出が行われる。

【0051】

ライン33についての演算が行われている間に、フレーム34の受光データが

メモリ 63 に転送されて記憶される。図 11 に示すように、フレーム 34 の受光データは、フレーム 1 の記憶されていた領域に上書きされる。この時点ではフレーム 1 のデータは処理済であるため、上書きにより消去しても差し支えないからである。フレーム 34 のデータがメモリ 63 に記憶されると、ライン 34 の各画素について、時間重心 *N p e a k* の算出が行われる。フレーム 34 の受光データについての処理が終わると、フレーム 35 の受光データがフレーム 2 の記憶されていた領域に上書きされる。

【0052】

このようにして、最終のラインであるライン 231 まで、合計 200 ライン分についての時間重心 *N p e a k* の算出が行われる。

上述のように、メモリ 63 に記憶された受光データのうち、順次不要になったデータの記憶された領域に新規の受光データを上書きして記憶するので、メモリ 63 の容量が低減される。

【0053】

表示用メモリ 74 に記憶された重心 *i p* は、LCD 21 の画面に表示される。重心 *i p* は、計測対象の物体 Q の表面の位置に関連し、物体 Q の表面の位置が 3 次元カメラ 2 に近い場合に重心 *i p* の値が大きくなり、遠い場合に重心 *i p* の値が小さくなる。したがって、重心 *i p* を濃度データとして濃淡画像を表示させることにより距離分布を表現することができる。

【0054】

次に、3 次元カメラ 2 及びホスト 3 の動作を計測の手順と合わせて説明する。上述したように、計測のサンプリング点数を 200×262 とする。すなわち、撮像面 S2 におけるスリット U の幅方向の画素数は 262 であり、実質的なフレーム数 N は 231 である。

【0055】

ユーザー（撮影者）は、LCD 21 が表示するカラーモニタ像を見ながら、カメラ位置と向きとを決め、画角を設定する。その際、必要に応じてズーミング操作を行う。3 次元カメラ 2 ではカラーセンサ 54 に対する絞り調整は行われず、電子シャッター機能により露出制御されたカラーモニタ像が表示される。これは、

絞りを開放状態とすることによってイメージセンサ53の入射光量をできるだけ多くするためである。

【0056】

図12は3次元カメラ2におけるデータの流れを示す図、図13はホスト3における3次元位置演算の処理手順を示すフローチャート、図14は光学系の各点と物体Qとの関係を示す図である。

【0057】

ユーザーによる画角選択操作（ズーミング）に応じて、ズームユニット51のバリエータ部514の移動が行われる。また、フォーカシング部512の移動による手動又は自動のフォーカシングが行われる。フォーカシングの過程でおおよそその対物間距離 d_0 が測定される。

【0058】

このような受光系のレンズ駆動に呼応して、投光側のバリエータレンズ422の移動量が図示しない演算回路によって算出され、算出結果に基づいてバリエータレンズ422の移動制御が行われる。

【0059】

システムコントローラ61は、レンズコントローラ58を介して、フォーカシングエンコーダ59Aの出力（繰り出し量 E_d ）及びズーミングエンコーダ60Aの出力（ズーム刻み値 f_p ）を読み込む。システムコントローラ61の内部において、歪曲収差テーブルT1、主点位置テーブルT2、及び像距離テーブルT3が参照され、繰り出し量 E_d 及びズーム刻み値 f_p に対応した撮影条件データがホスト2へ出力される。ここでの撮影条件データは、歪曲収差パラメータ（レンズ歪み補正係数 d_1 、 d_2 ）、前側主点位置FH、及び像距離 b である。前側主点位置FHは、ズームユニット51の前側端点Fと前側主点Hとの距離で表される。前側端点Fは固定であるので、前側主点位置FHにより前側主点Hを特定することができる。

【0060】

システムコントローラ61は、半導体レーザ41の出力（レーザ強度）及びスリット光Uの偏向条件（走査開始角、走査終了角、偏向角速度）を算定する。

この算定方法を詳しく説明する。まず、おおよその対物間距離 d_0 に平面物体が存在するものとして、イメージセンサ 53 の中央で反射光を受光するように投射角設定を行う。以下で説明するレーザ強度の算定のためのパルス点灯は、この設定された投射角で行う。

【0061】

次にレーザ強度を算定する。レーザ強度の算定に際しては、人体を計測する場合があるので、安全性に対する配慮が不可欠である。まず、最小強度 LD_{min} でパルス点灯し、イメージセンサ 53 の出力を取り込む。取り込んだ信号 $[S_{on}(LD_{min})]$ と適正レベル $Styp$ との比を算出し、仮のレーザ強度 LD_1 を設定する。

【0062】

$$LD_1 = LD_{min} \times Styp / MAX[S_{on}(LD_{min})]$$

続いてレーザ強度 LD_1 で再びパルス点灯し、イメージセンサ 53 の出力を取り込む。取り込んだ信号 $[S_{on}(LD_1)]$ が適正レベル $Styp$ 又はそれに近い値であれば、 LD_1 をレーザ強度 LD_s と決める。他の場合には、レーザ強度 LD_1 と $MAX[S_{on}(LD_1)]$ とを用いて仮のレーザ強度 LD_1 を設定し、イメージセンサ 53 の出力と適正レベル $Styp$ とを比較する。イメージセンサ 53 の出力が許容範囲内の値となるまで、レーザ強度の仮設定と適否の確認とを繰り返す。なお、イメージセンサ 53 の出力の取り込みは、撮像面 S_2 の全面を対象に行う。これは、AF による受動的な距離算出では、スリット光 U の受光位置を高精度に推定することが難しいためである。イメージセンサ 53 における CCD の積分時間は 1 フィールド時間（例えば $1/60$ 秒）であり、実際の計測時における積分時間より長い。このため、パルス点灯を行うことにより、計測時と等価なセンサ出力を得る。

【0063】

次に、投射角と、レーザ強度が決定したときのスリット光 U の受光位置から、三角測量により対物間距離 d を決定する。

最後に、決定された対物間距離 d に基づいて、偏向条件を算出する。偏向条件の算定に際しては、対物間距離 d の測距基準点である受光系の前側主点 H と投光

の起点AとのZ方向のオフセット $doff$ を考慮する。また、走査方向の端部においても中央部と同様の計測可能距離範囲 d' を確保するため、所定量（例えば8画素分）のオーバースキャンを行うようにする。走査開始角 $th1$ 、走査終了角 $th2$ 、偏向角速度 ω は、次式で表される。

【0064】

$$th1 = \tan^{-1} \left[\beta \times pv \left(np / 2 + 8 \right) + L \right] / (d + doff) \times 180 / \pi$$

$$th2 = \tan^{-1} \left[-\beta \times pv \left(np / 2 + 8 \right) + L \right] / (d + doff) \times 180 / \pi$$

$$\omega = (th1 - th2) / np$$

β : 撮像倍率 (= d / 実効焦点距離 $freal$)

pv : 画素ピッチ

np : 撮像面 $S2$ の Y 方向の有効画素数

L : 基線長

このようにして算出された条件で次に本発光に移り、物体Qの走査（スリット投影）が行われ、上述の出力処理回路62、メモリ63、及び重心演算回路73を経て出力用メモリ64に記憶されたデータD62がホスト2へ送られる。同時に、偏向条件（偏向制御データ）及びイメージセンサ53の仕様などを示す装置情報D10も、ホスト3へ送られる。表1は3次元カメラ2がホスト3へ送る主なデータをまとめたものである。

【0065】

【表 1】

データの内容			データレンジ
計測データ	$\sum x_i$	200×200 ×13bit	
	$\sum i \cdot x_i$	200×200 ×18bit	
撮影条件	像距離 b		0.000～200.000
	前側主点位置 FH		0.00～300.00
	スリット偏向開始角度 $th1$		
	偏向角速度 ω		
装置情報	計測の画素数 (サンプリング数 X, Y 方向)		1～
	センサ画素ピッチ p_u, p_v		～0.00516 ～
	投光系姿勢 (X, Y, Z 軸周り)		0.00～±90.00
	投光系姿勢 (X, Y, Z 軸方向)		0.00～±300.00
	レンズ歪み補正係数 d_1, d_2		
	センサ中心画素 u_0, v_0		0.00～256.00
2次元画像	R プレーン	512×512 ×8bit	0～255
	G プレーン	512×512 ×8bit	0～255
	B プレーン	512×512 ×8bit	0～255

【0066】

図13のように、ホスト3においては、3次元位置演算処理が実行され、これによって200×200個のサンプリング点（画素）の3次元位置（座標 X, Y, Z ）が算定される。サンプリング点はカメラ視線（サンプリング点と前側主点 H とを結ぶ直線）とスリット面（サンプリング点を照射するスリット光 U の光軸面）との交点である。

【0067】

図13において、まず3次元カメラ2から送られてきた x_i の総和 $\sum x_i$ が所定値を上回っているかどうかを判定する（#11）。 x_i が小さい場合、つまりスリット光成分の総和 $\sum x_i$ が所定の基準に満たない場合には誤差を多く含んでいるので、その画素については3次元位置の算出を実行しない。そして、その画素については「エラー」を示すデータを設定して記憶する（#17）。 $\sum x_i$ が所定値を上回っている場合には十分な精度が得られるので、3次元位置の算出を実行する。

【0068】

3次元位置の算出に先立って、スリット光 U の通過タイミング nop を算出す

る(#12)。通過タイミングnopは、 $i = 1 \sim 32$ について $(\sum i \cdot x_i) / (\sum x_i)$ を計算して重心ip(時間重心Npeak)を求め、これにライン番号を加算することによって算出される。

【0069】

すなわち、算出された重心ipは、その画素の出力が得られている32フレーム内のタイミングであるので、ライン番号を加えることによって走査開始からの通過タイミングnopに変換する。具体的には、ライン番号は、最初に算出されるライン32の画素については「32」、次のライン33については「33」となる。注目画素gのラインが1つ進む毎にライン番号は1つ増大する。しかし、これらの値は他の適当な値とすることが可能である。その理由は、3次元位置を算出する際に、係数である後述の(6)式におけるX軸周りの回転角(the1)及びX軸周りの角速度(the4)などをキャリブレーションにより適切に設定することができるからである。

【0070】

そして3次元位置算出を行う(#13)。算出された3次元位置は、その画素に対応するメモリ領域に記憶し(#14)、次の画素について同様の処理を行う(#16)。総ての画素についての処理が終わると終了する(#15でイエス)。

【0071】

次に、3次元位置の算出方法について説明する。

カメラ視線方程式は次の(1)式及び(2)式である。

$$(u - u_0) = (x_p) = (b / p_u) \times [X / (Z - FH)] \quad \dots (1)$$

$$(v - v_0) = (y_p) = (b / p_v) \times [Y / (Z - FH)] \quad \dots (2)$$

b : 像距離

FH : 前側主点位置

p_u : 撮像面における水平方向の画素ピッチ

p_v : 撮像面における垂直方向の画素ピッチ

u : 撮像面における水平方向の画素位置

u₀ : 撮像面における水平方向の中心画素位置

v : 撮像面における垂直方向の画素位置

v 0 : 撮像面における垂直方向の中心画素位置

スリット面方程式は (3) 式である。

【0072】

【数1】

$$\begin{bmatrix} \cos(\text{the3}) & -\sin(\text{the3}) & 0 \\ \sin(\text{the3}) & \cos(\text{the3}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\text{the2}) & 0 & \sin(\text{the2}) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\text{the2}) & 0 & \cos(\text{the2}) \end{bmatrix} \\ \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\text{the1} + \text{the4} \cdot \text{nop}) & -\sin(\text{the1} + \text{the4} \cdot \text{nop}) \\ 0 & \sin(\text{the1} + \text{the4} \cdot \text{nop}) & \cos(\text{the1} + \text{the4} \cdot \text{nop}) \end{bmatrix} \\ \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} [X \quad Y-L \quad Z-s] = 0 \quad \dots (3)$$

the1 : X軸周りの回転角

the2 : Y軸周りの傾き角

the3 : Z軸周りの傾き角

the4 : X軸周りの角速度

nop : 通過タイミング (= 時間重心 i p + ライン番号)

L : 基線長

s : 起点Aのオフセット

【0073】

幾何収差は画角に依存する。歪はほぼ中心画素を中心として対称に生じる。したがって、歪み量は中心画素からの距離の関数で表される。ここでは、距離の3次関数で近似する。2次の補正係数を d 1、3次の補正係数を d 2 とする。補正後の画素位置 u' , v' は (4) 式及び (5) 式で与えられる。

【0074】

$$u' = u + d1 \times t2^2 \times (u - u0) / t2 \\ + d2 \times t2^3 \times (u - u0) / t2 \quad \dots (4)$$

$$v' = v + d1 \times t2^2 \times (v - v0) / t2 \\ + d2 \times t2^3 \times (v - v0) / t2 \quad \dots (5)$$

$$t2 = (t1)^{-2}$$

$$t1 = (u - u0)^2 + (v - v0)^2$$

上述の (1) 式及び (2) 式において、u に代えて u' を代入し、v に代えて

v' を代入することにより、歪曲収差を考慮した 3 次元位置を求めることができる。なお、キャリブレーションについては、電子情報通信学会研究会資料 P R U 91-113 [カメラの位置決めのない画像の幾何学的補正] 小野寺・金谷、電子情報通信学会論文誌 D-II vol. J74-D-II No.9 pp.1227-1235,'91/9 [光学系の 3 次元モデルに基づくレンジファインダの高精度キャリブレーション法] 植芝・吉見・大島、などに詳しい開示がある。

【0075】

図 15 乃至図 24 を参照して、イメージセンサ 53 において垂直転送方式を適用した場合には、水平転送方式を適用した場合に比べて、重心演算の精度が良くなる理由について説明する。

【0076】

はじめに、垂直転送方式を適用した場合に時間重心演算の精度が良くなる理由について説明する。

図 15 はスリット光 U が撮像面 $S2$ を移動する移動方向と移動量を示す図、図 16 は水平転送方式を適用した場合における有効受光領域 Ae の注目画素 $g1$ の読出しタイミングを説明するための図、図 17 は水平転送方式を適用した場合における有効受光領域 Ae 内の注目画素 $g1$ が読み出されるタイミングと、有効受光領域 Ae を 1 ライン分シフトするタイミングとのずれを示す図、図 18 は垂直転送方式を適用した場合における有効受光領域 Ae の注目画素 $g1$ の読出しタイミングを説明するための図、図 19 は垂直転送方式を適用した場合における有効受光領域 Ae 内の注目画素 $g1$ が読み出されるタイミングと、有効受光領域 Ae を 1 ライン分シフトするタイミングとのずれを示す図である。

【0077】

図 16 及び図 18 において、有効受光領域 $Ae(n) \sim Ae(n+2)$ は、それぞれ n 番目から $(n+2)$ 番目のフレームにおける有効受光領域を表す。図 17 及び図 19 において、横軸は時間軸を示し、縦軸はスリット光 U を偏向するためのガルバノミラー 43 の傾き角度を示す。

【0078】

図 15 に示すように、有効受光領域 Ae は、そのすべての画素についての読出

しが完了すると、Y方向に1ライン分シフトする。この間にスリット光Uは1ライン分だけY方向（垂直方向又は読出し方向）に移動することになる。

【0079】

図16（A）において、水平転送方式で読出しを行う場合、つまり、1ラインの各画素をX方向に順次読出し、その1ラインの読出しが終わった時点で、次のラインの各画素をX方向に順次読出していくという読出しを順次行う場合には、有効受光領域 $A_e(n)$ の読出しが完了するまでに、読出し開始から $(200 \times 32)H$ の時間がかかる。Hは1画素を読み出すのに必要な時間である。なお、この $(200 \times 32)H$ の時間は、スリット光Uが撮像面S2をY方向に1ライン分だけ移動する時間に等しい（図17における Δt ）。

【0080】

有効受光領域 $A_e(n)$ の読出しが完了すると、有効受光領域 $A_e(n)$ は1ライン分だけY方向にシフトし、有効受光領域 $A_e(n+1)$ となる。有効受光領域 $A_e(n+1)$ についても有効受光領域 $A_e(n)$ の読出しと同様に、水平転送方式で読出しが行われる。この読出しが完了すると、有効受光領域 $A_e(n+1)$ は、Y方向に1ライン分シフトし、有効受光領域 $A_e(n+2)$ となり、同様に有効受光領域 $A_e(n+2)$ の読出しが行われる。このような読出し及びシフトは、1番目の有効受光領域 $A_e(1)$ から32番目の有効受光領域 $A_e(32)$ について行われる。

【0081】

図16（A）及び図16（B）において、注目画素 g_1 が有効受光領域 $A_e(n)$ で読み出されてから有効受光領域 $A_e(n+1)$ で読み出されるまでには、

$$199H + (200 \times 30)H + 1H = (200 \times 31)H$$

の時間がかかる。これは、図17においては、例えば $t_{g1} \sim t_{g2}$ の間の時間である。

【0082】

また、図16（B）及び図16（C）において、注目画素 g_1 が有効受光領域 $A_e(n+1)$ で読み出されてから次の有効受光領域 $A_e(n+2)$ で読み出されるまでには、

$199H + 200H + (200 \times 29)H + 1H = (200 \times 31)H$
 の時間がかかる（図17において例えば $t_{g2} \sim t_{g3}$ ）。

【0083】

以下、同様に計算していくと、注目画素 g_1 がある有効受光領域で読み出されてからその次の有効受光領域で読み出されるまでの1周期の時間は、いつも $(200 \times 31)H$ となる。なお、この1周期の時間は、任意の注目画素についても同じである。

【0084】

つまり、任意の注目画素での読み出し周期は $(200 \times 31)H$ となり、有効受光領域 A_e が Y 方向に1ライン分シフトする毎に、注目画素の読出しタイミングは、有効受光領域 A_e が1ライン分シフトするタイミングに対して、

$$(200 \times 32)H - (200 \times 31)H = 200H$$

ずつ読出しタイミングが早くなる。

【0085】

図17に示すように、有効受光領域 A_e 内の注目画素が読み出されるタイミングと、有効受光領域 A_e を1ライン分シフトするタイミングとのずれである時間差 $(\Delta d_1, \Delta d_2, \Delta d_3, \dots)$ は、有効受光領域 A_e のシフトが進むにしたがって、2倍、3倍、4倍、…と大きくなり、M番目（Mは整数）の有効受光領域 $A_e(M)$ では、その時間差 Δd_M は、

$$\Delta d_M = \{200 \times (M-1)\}H$$

となる。32番目の有効受光領域 $A_e(32)$ では $(200 \times 31)H$ の時間差 Δd_{32} が生じることになる。

【0086】

このように、水平転送方式で読出しを行う場合においては、上述の時間差は有効受光領域 A_e が1ライン分シフトする毎に1ライン分の読出し時間が加算されたものとなる。

【0087】

時間重心 N_{peak} は、32回のサンプリングによって得られた32個の受光データについての重心である。各画素についての32個の受光データに、1～3

2のサンプリング番号を付す。i番目の受光データは x_i で表される。iは1～32の整数である。このとき、iは、1つの画素について、その画素が有効受光領域Aeに入ってからフレーム番号を示している。

【0088】

1～32番の受光データ $x_1 \sim x_{32}$ についての重心 i_p は、32個の受光データについて、 $i \cdot x_i$ の総和 $\sum i \cdot x_i$ を x_i の総和 $\sum x_i$ で除することにより求められる。すなわち、

【0089】

【数2】

$$i_p = \frac{\sum_{i=1}^{32} i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{32} x_i} \quad \dots (6)$$

【0090】

となる。

以上の時間重心演算は、図24に示す重心演算回路73で行われる。

図24に示すように重心演算回路73は、定常光データ記憶部731、減算部732、第1加算部733、第2加算部734、及び除算部735からなる。これらはソフトウェアを用いることによって実現されるが、これらの全部又は一部をハードウェア回路により構成することも可能である。

【0091】

水平転送方式を適用した場合においては、(6)式における $x_1 \sim x_{32}$ として、時刻 $t_{g1} \sim t_{g32}$ (図17)において得られた受光データが用いられる。しかし、iは整数のままであるため、演算結果に大きな誤差が含まれてしまう。演算結果を信頼できるものとするためには、上述したタイミングのずれを小さくするための補正処理が必要である。重心演算回路73の一部又は全体がハードウェアで構成されている場合には別途補正回路を設けるなどしなければならないので面倒である。

【0092】

これに対して、垂直転送方式を適用した場合においては、次の理由により、時間重心の演算結果に大きな誤差が含まれない。

図 18 (A) において、垂直転送方式で読出しを行う場合、つまり、Y 方向に沿った 1 列の各画素を Y 方向に順次読出し、その 1 列の読出しが終わった時点で、次の列の各画素を Y 方向に順次読出していくという読出しを順次行う場合には、有効受光領域 $A_e(n)$ の読出しが完了するまでに、読出し開始から $(200 \times 32) H$ の時間がかかる。H は 1 画素を読み出すのに必要な時間である。なお、この $(200 \times 32) H$ の時間は、スリット光 U が撮像面 S2 を Y 方向に 1 ライン分移動する時間に等しい (図 19 において Δt)。

【0093】

図 18 においても、図 16 の場合と同様に、ある有効受光領域 A_e の読出しが完了すると、その有効受光領域は 1 ライン分だけ Y 方向にシフトし、このような読出し及びシフトは、1 番目の有効受光領域 $A_e(1)$ から 32 番目の有効受光領域 $A_e(32)$ について行われる。

【0094】

注目画素 g_1 が有効受光領域 $A_e(n)$ で読み出されてから有効受光領域 $A_e(n+1)$ で読み出されるまでには、

$$(32 \times 199) H + 31 H = \{ (200 \times 31) + 199 \} H$$

の時間がかかる。これは、図 19 においては、例えば $t_{s1} \sim t_{s2}$ の時間である。

【0095】

また、注目画素 g_1 が有効受光領域 $A_e(n+1)$ で読み出されてから次の有効受光領域 $A_e(n+2)$ で読み出されるまでには、

$$1 H + (32 \times 199) H + 30 H = \{ (200 \times 31) + 199 \} H$$

の時間がかかる (図 19 において例えば $t_{g2} \sim t_{g3}$)。

【0096】

以下、同様に計算していくと、注目画素 g_1 がある有効受光領域で読み出されてからその次の有効受光領域で読み出されるまでの 1 周期の時間は、いつも $\{ (200 \times 31) + 199 \} H$ となる。この 1 周期の時間は、任意の注目画素につ

いても同じである。

【0097】

つまり、任意の注目画素での読み出し周期は $\{(200 \times 31) + 199\} H$ となり、有効受光領域 A_e が Y 方向に 1 ライン分シフトする毎に、

$$(200 \times 32) H - \{(200 \times 31) + 199\} H = 1 H$$

ずつ読み出しタイミングが早くなる。

【0098】

有効受光領域 A_e 内の注目画素が読み出されるタイミングと、有効受光領域 A_e を 1 ライン分シフトするタイミングとのずれである時間差 ΔD_1 , ΔD_2 , ΔD_3 , ... は、有効受光領域 A_e のシフトが進むにしたがって、2 倍、3 倍、4 倍、... と大きくなり、M 番目 (M は整数) の有効受光領域では、その時間差 ΔD_M は、

$$\Delta D_M = \{1 \times (M - 1)\} H$$

となる。32 番目の有効受光領域 A_e (32) では、 $1 \times 31 H$ の時間差が生じることになる。しかし、この時間差は、水平転送方式で読み出しを行う場合に比べて、大幅に小さい。このため、時間重心の分解能を例えば有効受光領域を読み出すのに必要な時間 ($32 \times 200 H$) の $1/8$ (つまり $4 \times 200 H$) にした場合であっても、演算結果に大きな誤差が含まれてしまうことなく信頼できる演算結果が得られる。このように、垂直転送方式を適用した場合には、水平転送方式を適用した場合に比べて、時間重心演算の精度が良くなる。

【0099】

したがって、垂直転送方式を適用した場合には、有効受光領域内の注目画素が読み出されるタイミングと、有効受光領域を 1 ライン分シフトするタイミングとのずれを補正する処理を別途必要とせずに、精度の良い 3 次元画像を得ることができる。

【0100】

また、垂直転送方式を適用した場合には、空間重心演算を行う際にも、水平転送方式を適用した場合に比べて、重心演算の精度が良くなる。次に、その理由について説明する。

【0101】

図20は水平転送方式を適用した場合における有効受光領域Aeの各画素の読出し時間を説明するための図、図21は水平転送方式を適用した場合における所定の列の各画素の読出しを行う際に生じる読出しタイミングのずれを示す図、図22は垂直転送方式を適用した場合における有効受光領域Aeの各画素の読出し時間を説明するための図、図23は垂直転送方式を適用した場合における所定の列の各画素の読出しを行う際に生じる読出しタイミングのずれを示す図である。

【0102】

図20において、水平転送方式で読出しを行うと、有効受光領域Aeの読出しが完了するまでには、読出し開始から (200×32) Hの時間がかかる。

図21に示すように、図中1番左の列F1の各画素を水平転送方式で読み出していくと、列F1について、画素F1g1を読み出すタイミングから次の行の画素F1g2を読み出すタイミングまでには、1ラインを読み取る時間、つまり、 (1×200) Hの時間がかかる。また、画素F1g1を読み出すタイミングから最後の行の画素F1g32を読み出すタイミングまでには、31ラインを読み取る時間、つまり、 (31×200) Hの時間がかかる。

【0103】

つまり、有効受光領域Aeにおける画素F1g2を読み出した際には、画素F1g1の読出しから (1×200) Hの時間経過後にスリット光Uから受けたデータを得ていることになる。また、画素F1g3を読み出した際には、画素F1g1の読出しから (2×200) Hの時間経過後のスリット光Uから受けたデータを得ていることになる。以下、同様に、画素F1gM (Mは整数) については、 $\{(M-1) \times 200\}$ Hの時間経過後のスリット光Uから受けたデータを得ていることになる。

【0104】

また、図中1番右の列F200の各画素を水平転送方式で読み出していくと、列F200について、画素F200g1を読み出すタイミングから次の行の画素F200g2を読み出すタイミングまでには、1ラインを読み取る時間、つまり、 (1×200) Hの時間がかかる。また、画素F200g1を読み出すタイミ

ングから最後の行の画素 $F200g32$ を読み出すタイミングまでには、31ラインを読み取る時間、つまり、 $(31 \times 200)H$ の時間がかかる。

【0105】

つまり、有効受光領域 A_e について、列 $F1$ から得られた各画素データに対して重心演算を行う場合には、画素 $F200g2$ については、開始画素 $F200g1$ の読出しから $(1 \times 200)H$ の時間経過後のスリット光 U から受けたデータを得ていることになり、画素 $F1g3$ については、開始画素 $F1g1$ の読出しから $(2 \times 200)H$ の時間経過後のスリット光 U から受けたデータを得ていることになる。以下、同様に、画素 $F200gM$ (M は整数) については、 $\{(M-1) \times 200\}H$ の時間経過後のスリット光 U から受けたデータを得ていることになる。

【0106】

有効受光領域 A_e の全ての画素の読出しには $(32 \times 200)H$ の時間がかかるので、画素 $F1g1 \sim$ 画素 $F1g32$ 及び画素 $F200g1 \sim$ 画素 $F200g32$ などに対して空間重心演算を行う際には、それぞれ $(31 \times 200)H / (32 \times 200)H = 31 / 32$ 画素分だけ有効受光領域 A_e の Y 方向へのシフト幅が伸びたことになる。

【0107】

空間重心 M_{peak} を演算するに当たっては、イメージセンサ 53 からの出力 (x) を一定の周期でサンプリングする。各サンプリングのタイミングに対応して、所定の受光幅内の画素について、その位置 (i) と出力 (x) との積 ($x \cdot i$) の総計 $\Sigma(x \cdot i)$ 、及び出力 (x) の総計 $\Sigma(x)$ を算出する。これらから、空間重心 $M_{peak} = \Sigma(x \cdot i) / \Sigma(x)$ を算出する。

【0108】

空間重心演算においては、特定のタイミングにおける受光量の最大位置を、有効受光領域 A_e 内の画素 (本実施形態では 32 ラインにわたる 32 個の画素) における重心演算で算出される重心 i_p (空間重心 M_{peak}) に基づいて検出する。空間重心演算は、 X 方向に沿って並んだ各列 $F1 \sim F200$ において、 Y 方向に沿って並んだ各画素のデータを同一タイミングで得てそれらのデータに対し

て行うことが望ましい。

【0109】

上述したように、水平走査を繰り返して読出しを行うと、 $31/32$ 画素分だけ有効受光領域 A_e の Y 方向へのシフト幅が伸びたことになる。これは、同一タイミングで得られたスリット光 U に対してでなく、 $31/32$ 画素分だけ時間的に流れたスリット光 U に対して空間重心演算を行っていることとなるので、特定のタイミングにおける受光量の最大位置が、精度よく求まらない。

【0110】

これに対して、図 22 に示すように、垂直転送方式で読出しを行うと、水平転送方式で読出しを行う場合に比べて、有効受光領域 A_e の Y 方向へのシフト幅の伸びを抑えることができる。

【0111】

図 22 において、有効受光領域 A_e の読出しが完了するまでには、読出し開始から $(200 \times 32)H$ の時間がかかる。

図 23 に示すように、図中 1 番左の列 F_1 の各画素を垂直転送方式で読み出していくと、列 F_1 について、画素 $F_1 g_1$ を読み出すタイミングから次の行の画素 $F_1 g_2$ を読み出すタイミングまでには、1 画素を読み取る時間、つまり、 $1H$ の時間がかかる。また、画素 $F_1 g_1$ を読み出すタイミングから最後の行の画素 $F_1 g_{32}$ を読み出すタイミングまでには、 31 画素を読み取る時間、つまり、 $31H$ の時間がかかる。

【0112】

画素 $F_1 g_M$ (M は整数) については、 $\{(M-1) \times 1\}H$ の時間経過後のスリット光 U から受けたデータを得ていることになる。

図中 1 番右の列 F_{200} の各画素を垂直転送方式で読み出していく場合も同様である。

【0113】

有効受光領域 A_e の全ての画素の読出しには $(31 \times 1)H$ の時間がかかるので、画素 $F_1 g_1 \sim$ 画素 $F_1 g_{32}$ 及び画素 $F_{200} g_1 \sim$ 画素 $F_{200} g_{32}$ などに対して空間重心演算を行う際には、それぞれ $(31 \times 1)H / (32 \times 2)$

00) $H = \{31 / (32 \times 200)\}$ 画素分だけ有効受光領域 A_e の Y 方向へのシフト幅が伸びたことになる。

【0114】

この値は、水平転送方式で読み出していった場合の伸び量である $31 / 32$ 画素に比べて大幅に小さい。

このため、空間重心の分解能を例えば有効受光領域の各画素の $1 / 8$ にした場合であっても、演算結果に大きな誤差が含まれてしまうことなく信頼できる演算結果が得られる。

【0115】

上述の実施形態において、3次元カメラ2、ホスト3、又は計測システム1の全体又は各部の構成、処理内容又は順序、処理タイミングなどは、本発明の主旨に沿って適宜変更することができる。

【0116】

【発明の効果】

本発明によると、有効受光領域内の注目画素が読み出されるタイミングと、有効受光領域を1ライン分シフトするタイミングとのずれを補正する処理を別途必要とせず、精度の良い3次元画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る計測システムの構成図である。

【図2】

3次元カメラの外観を示す図である。

【図3】

3次元カメラの機能構成を示すブロック図である。

【図4】

投光レンズ系の構成を示す模式図である。

【図5】

計測システムにおける3次元位置の算出の原理図である。

【図6】

イメージセンサの読出し範囲を示す図である。

【図 7】

イメージセンサの構成の模式図である。

【図 8】

イメージセンサの撮像面におけるラインとフレームとの関係を示す図である。

【図 9】

メモリにおける各フレームの受光データの記憶状態を示す図である。

【図 10】

メモリにおける各フレームの受光データの記憶状態を示す図である。

【図 11】

メモリにおける各フレームの受光データの記憶状態を示す図である。

【図 12】

3次元カメラにおけるデータの流れを示す図である。

【図 13】

ホストにおける3次元位置演算の処理手順を示すフローチャートである。

【図 14】

光学系の各点と物体との関係を示す図である。

【図 15】

スリット光が撮像面を移動する移動方向と移動量を示す図である。

【図 16】

水平転送方式を適用した場合における有効受光領域の注目画素の読出しタイミングを説明するための図である。

【図 17】

水平転送方式を適用した場合における有効受光領域内の注目画素が読み出されるタイミングと、有効受光領域を1ライン分シフトするタイミングとのずれを示す図である。

【図 18】

垂直転送方式を適用した場合における有効受光領域の注目画素の読出しタイミングを説明するための図である。

【図 19】

垂直転送方式を適用した場合における有効受光領域内の注目画素が読み出されるタイミングと、有効受光領域を 1 ライン分シフトするタイミングとのずれを示す図である。

【図 20】

水平転送方式を適用した場合における有効受光領域の各画素の読出し時間を説明するための図である。

【図 21】

水平転送方式を適用した場合における所定の列の各画素の読出しを行う際に生じる読出しタイミングのずれを示す図である。

【図 22】

垂直転送方式を適用した場合における有効受光領域の各画素の読出しタイミングを説明するための図である。

【図 23】

垂直転送方式を適用した場合における所定の列の各画素の読出しを行う際に生じる読出しタイミングのずれを示す図である。

【図 24】

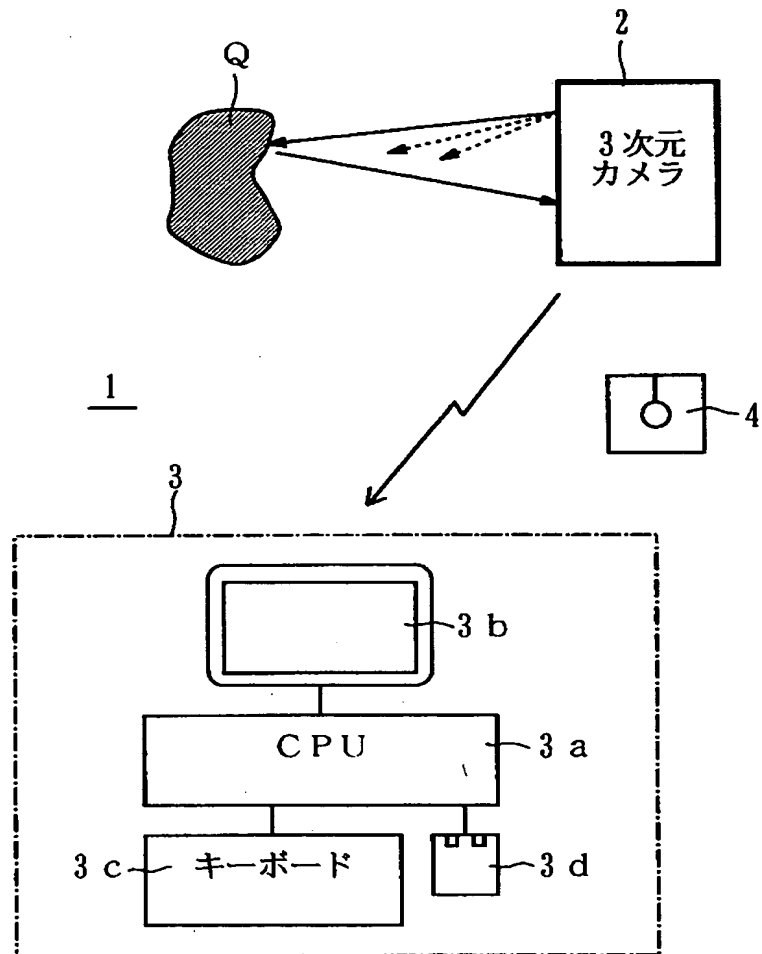
重心演算回路の構成を示す図である。

【符号の説明】

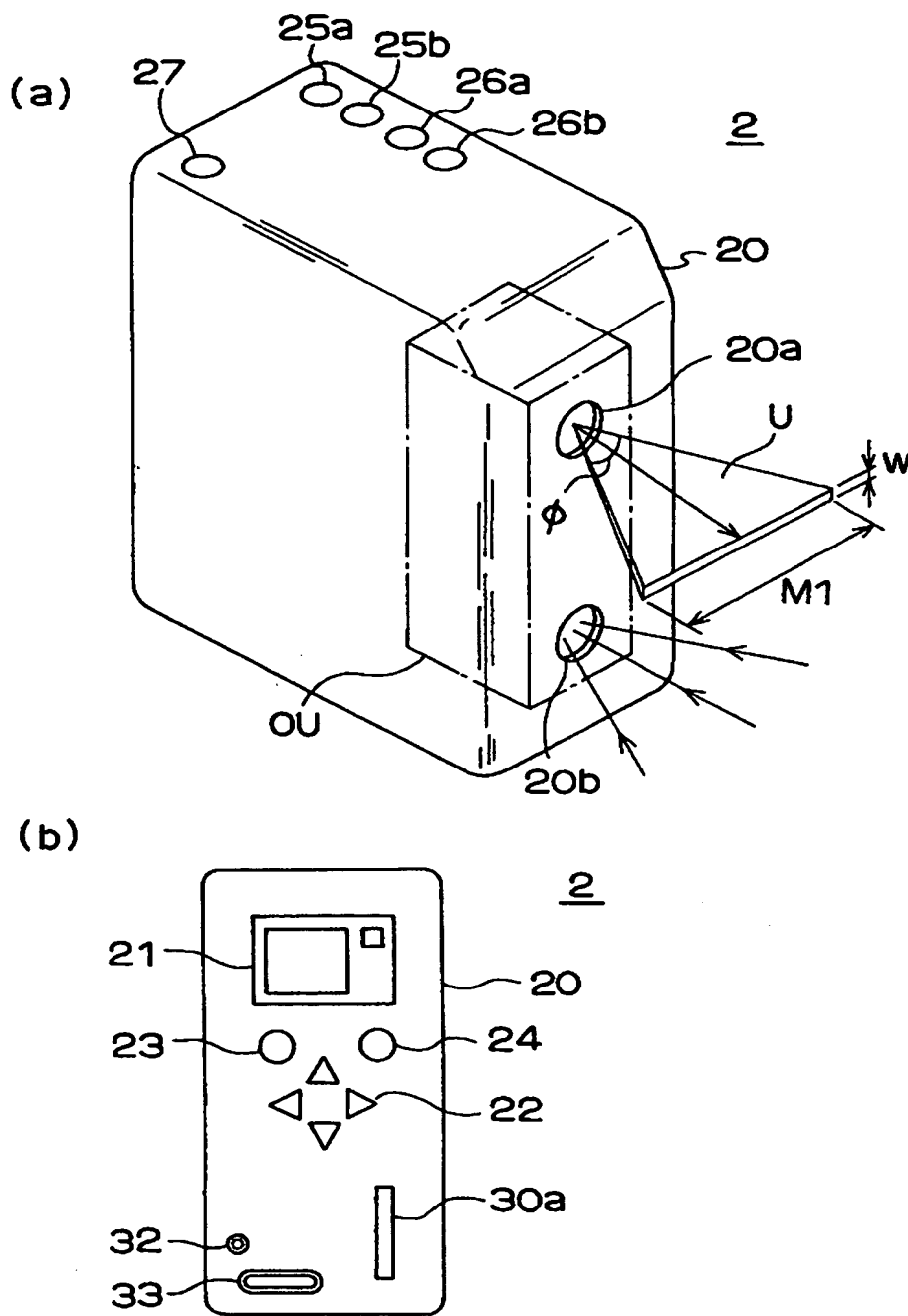
- 2 3次元カメラ（3次元計測装置）
- 40 光学系（投光手段）
- 43 ガルバノミラー（走査手段）
- 53 イメージセンサ（撮像デバイス）
- 61 システムコントローラ（制御手段）
- Ae 有効受光領域（有効領域）
- S2 撮像面
- U スリット光（検出光）
- Q 物体

【書類名】 図面

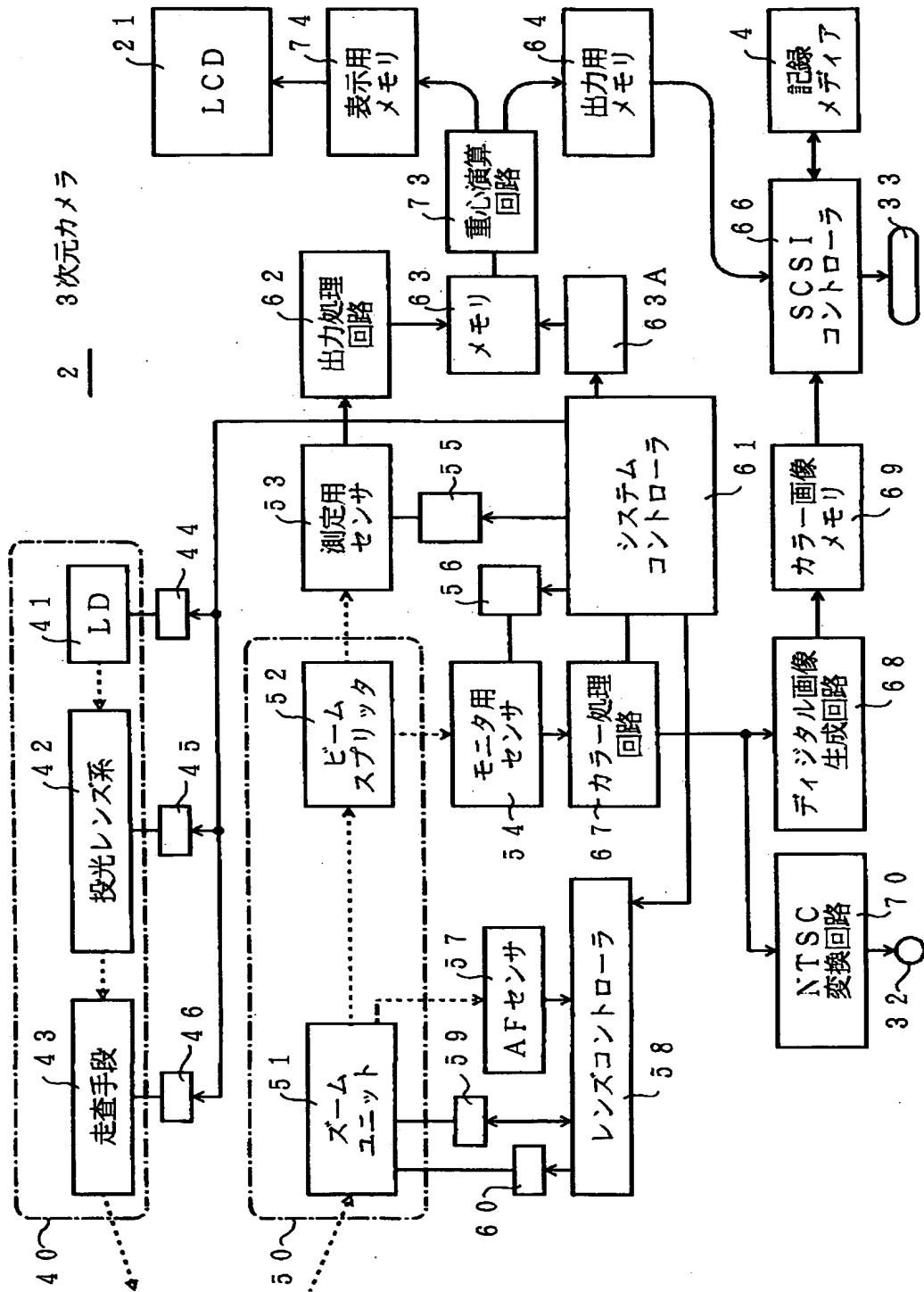
【図 1】



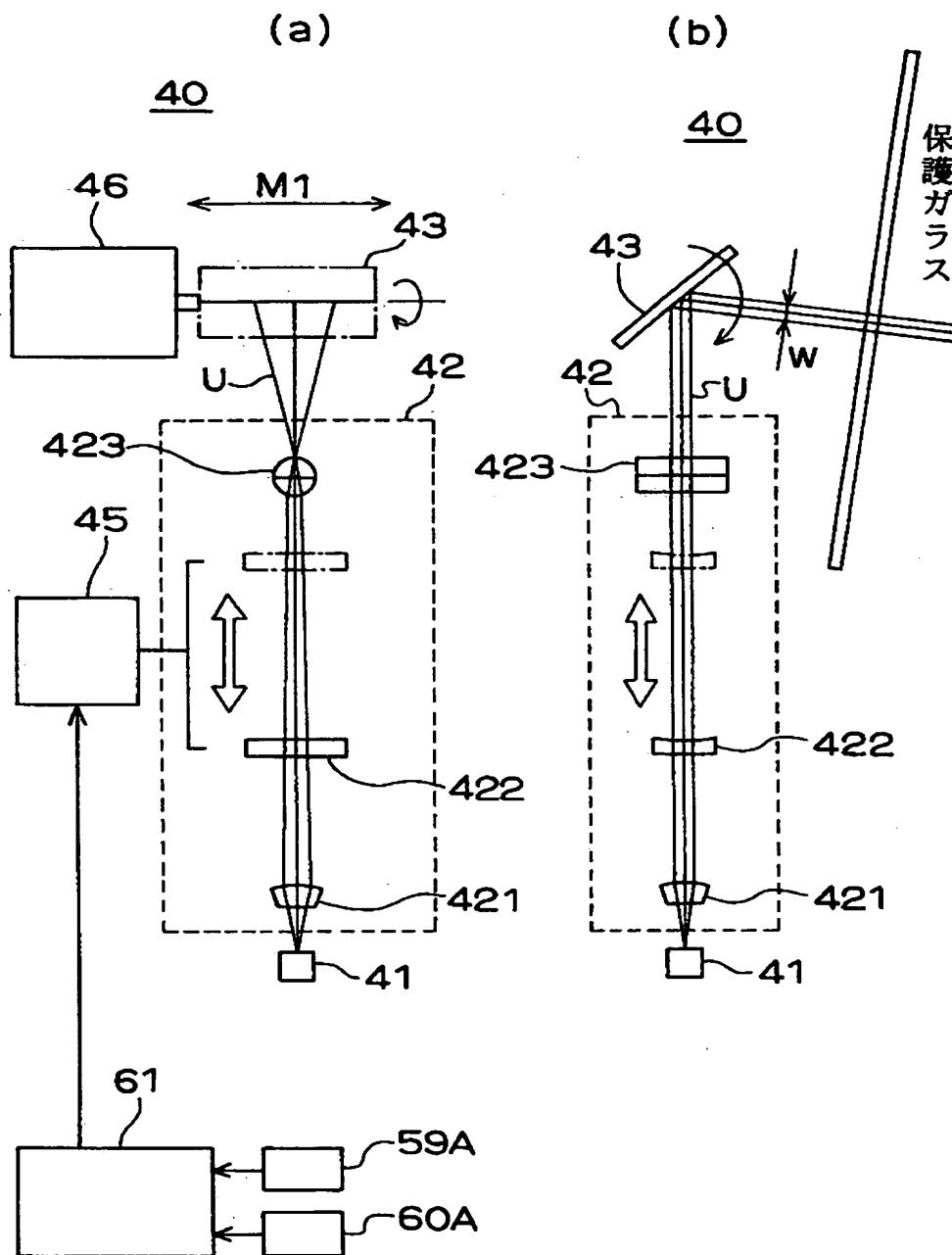
【図 2】



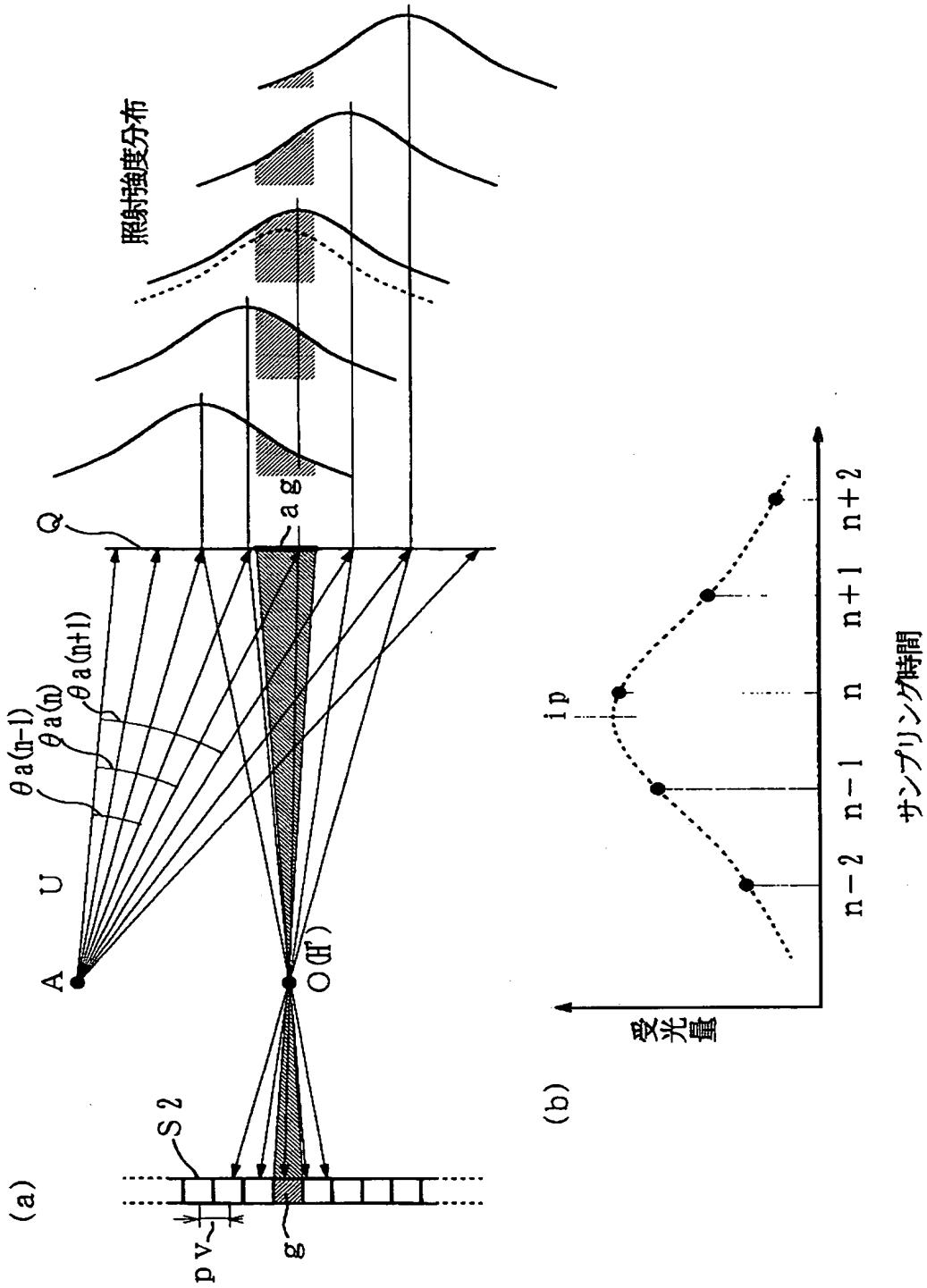
【図 3】



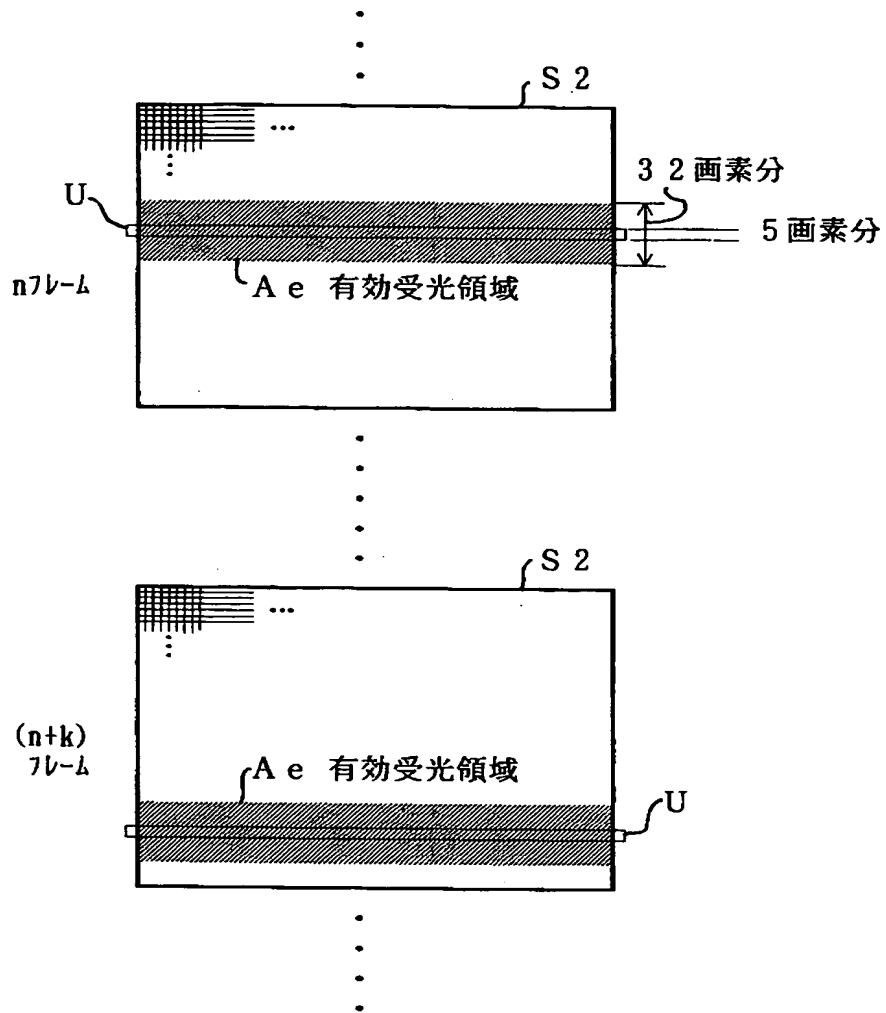
【図4】



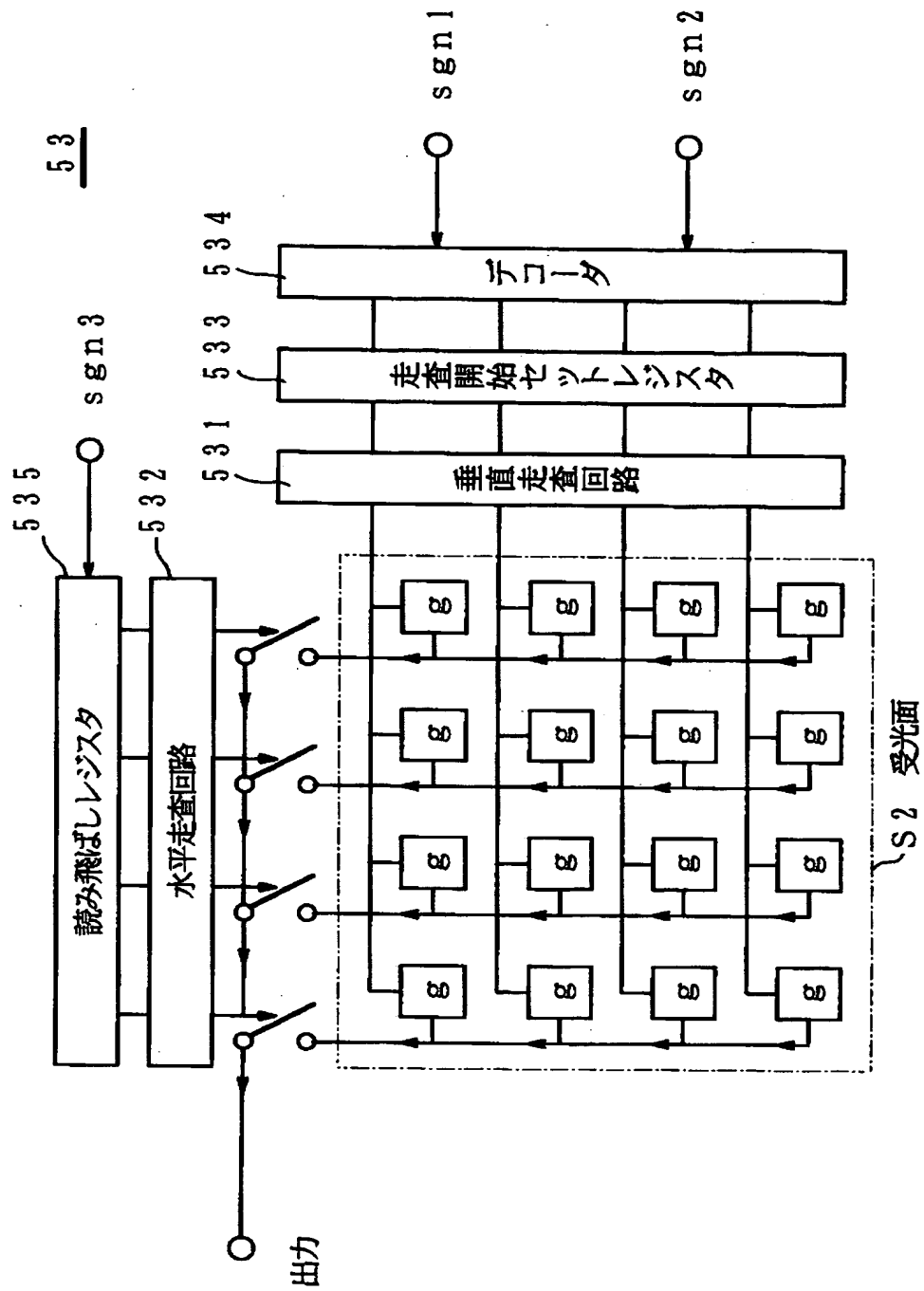
【図 5】



【図 6】



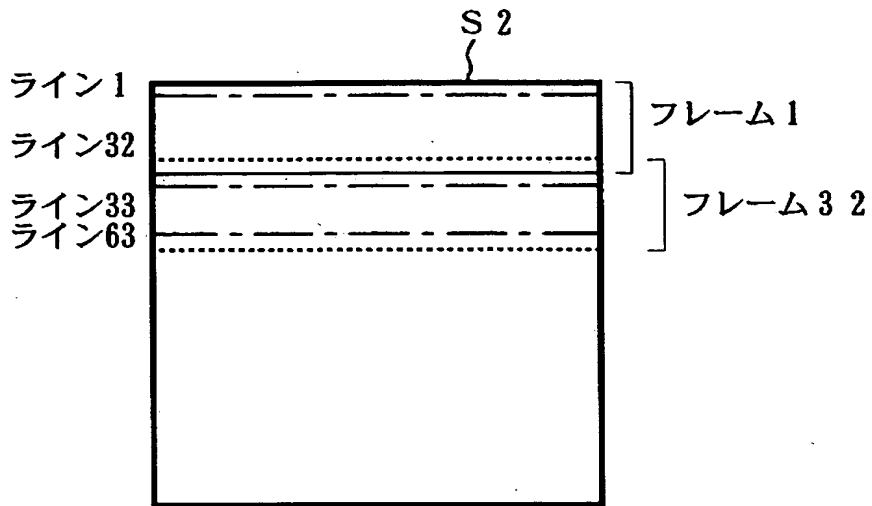
【図 7】



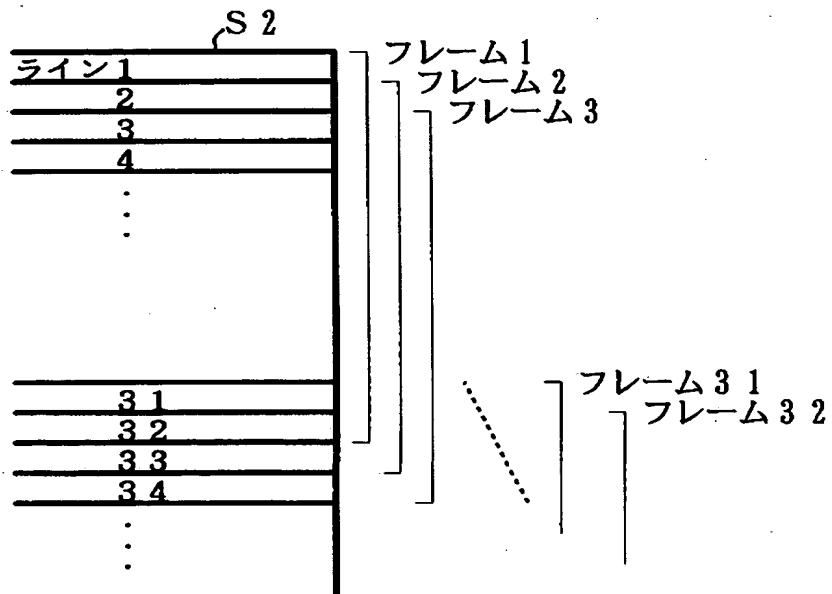
【図 8】

(A)

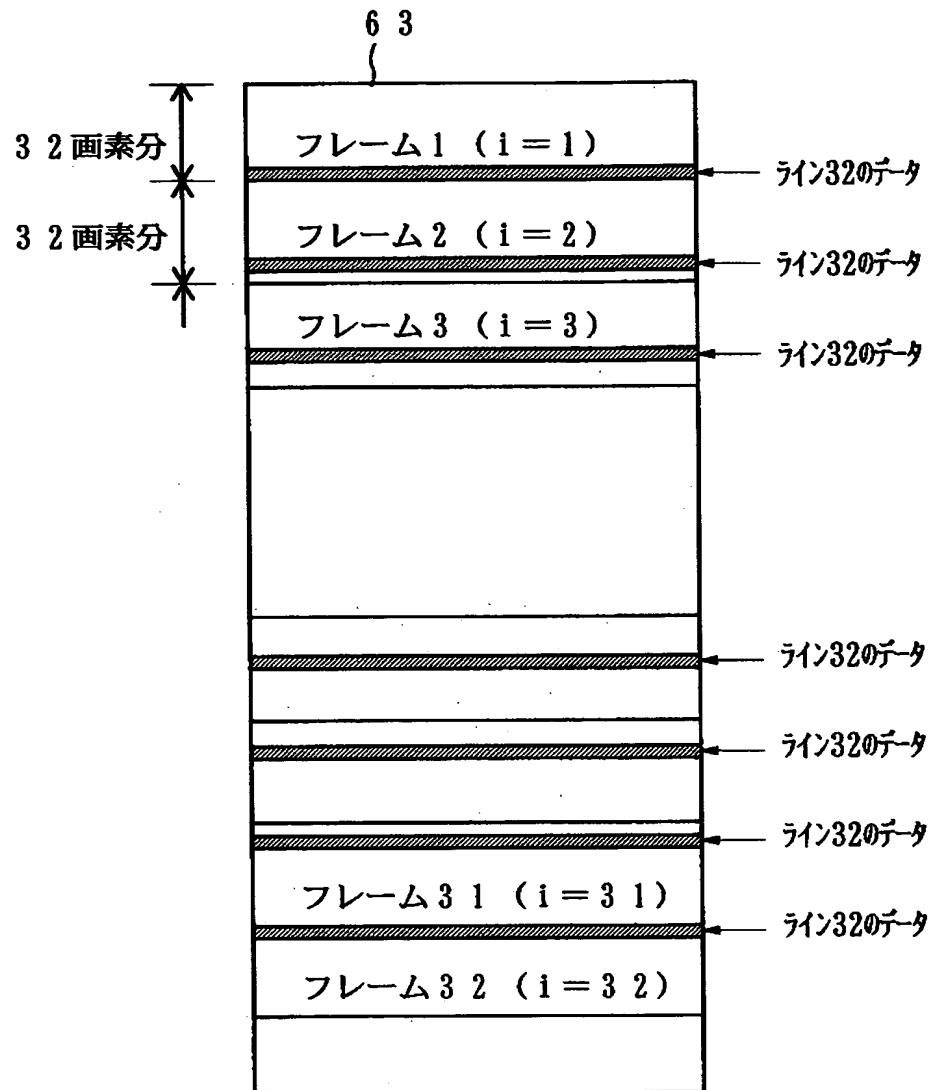
(53 イメージセンサ)



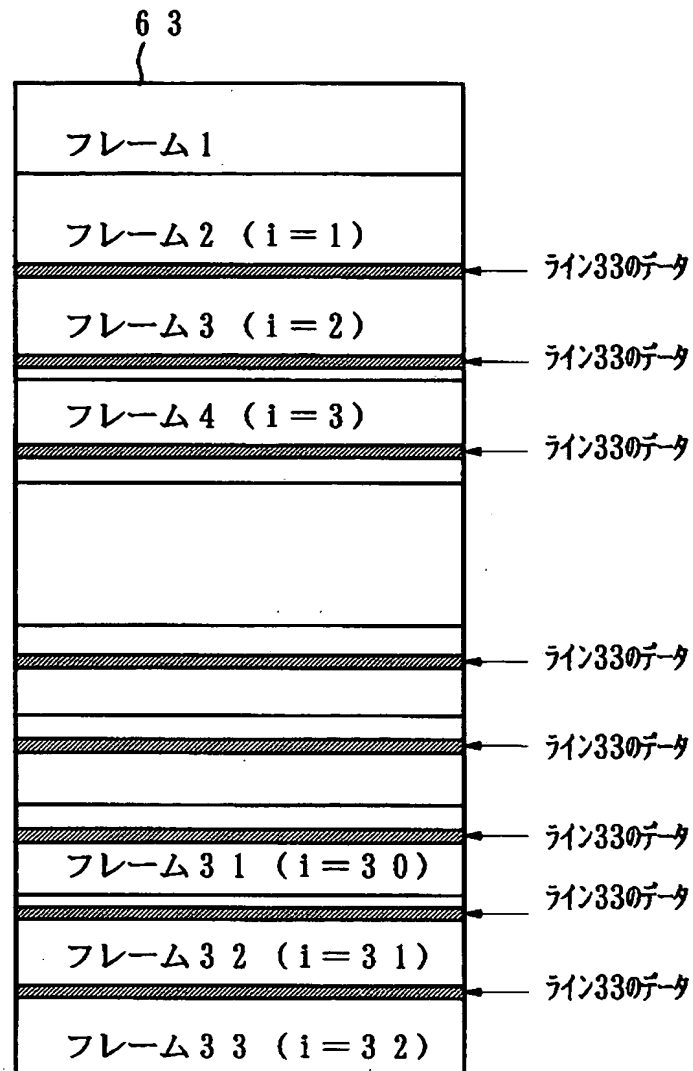
(B)



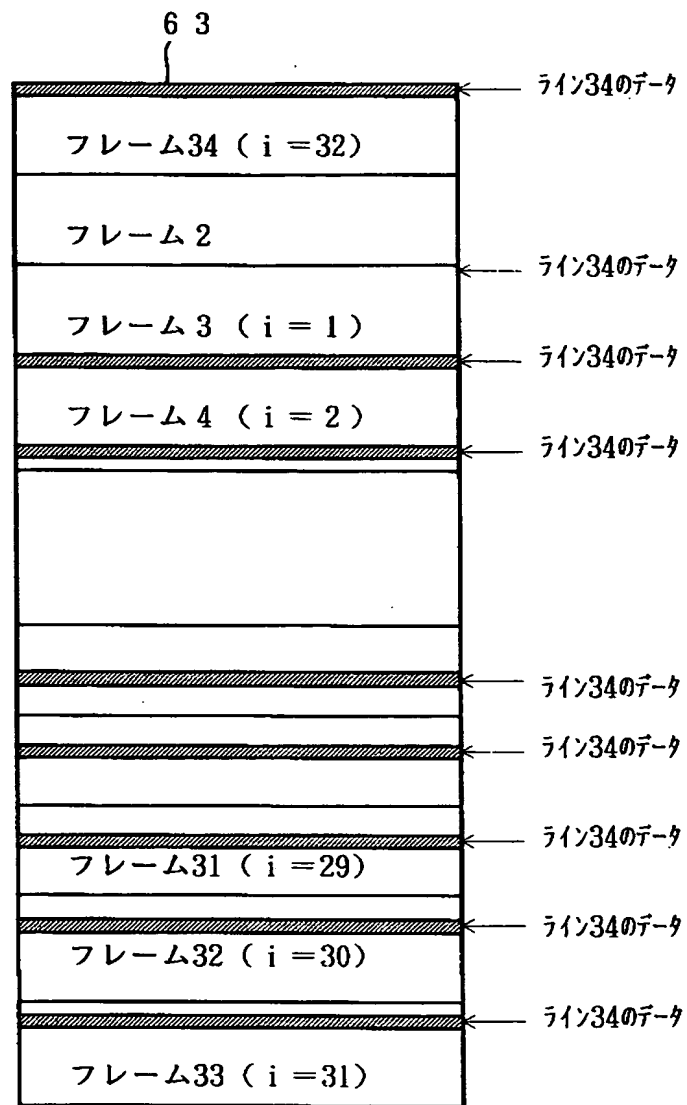
【図9】



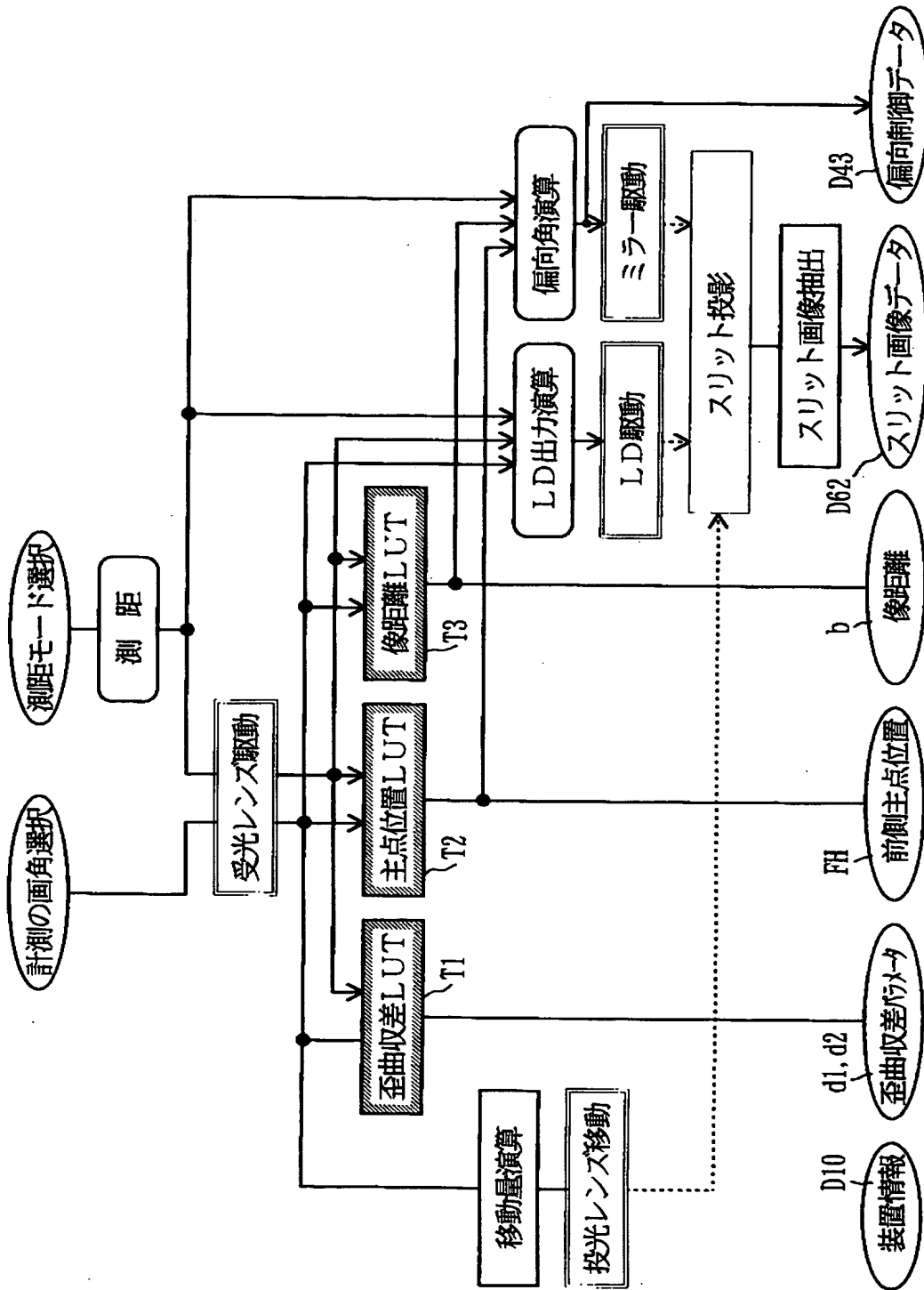
【図 10】



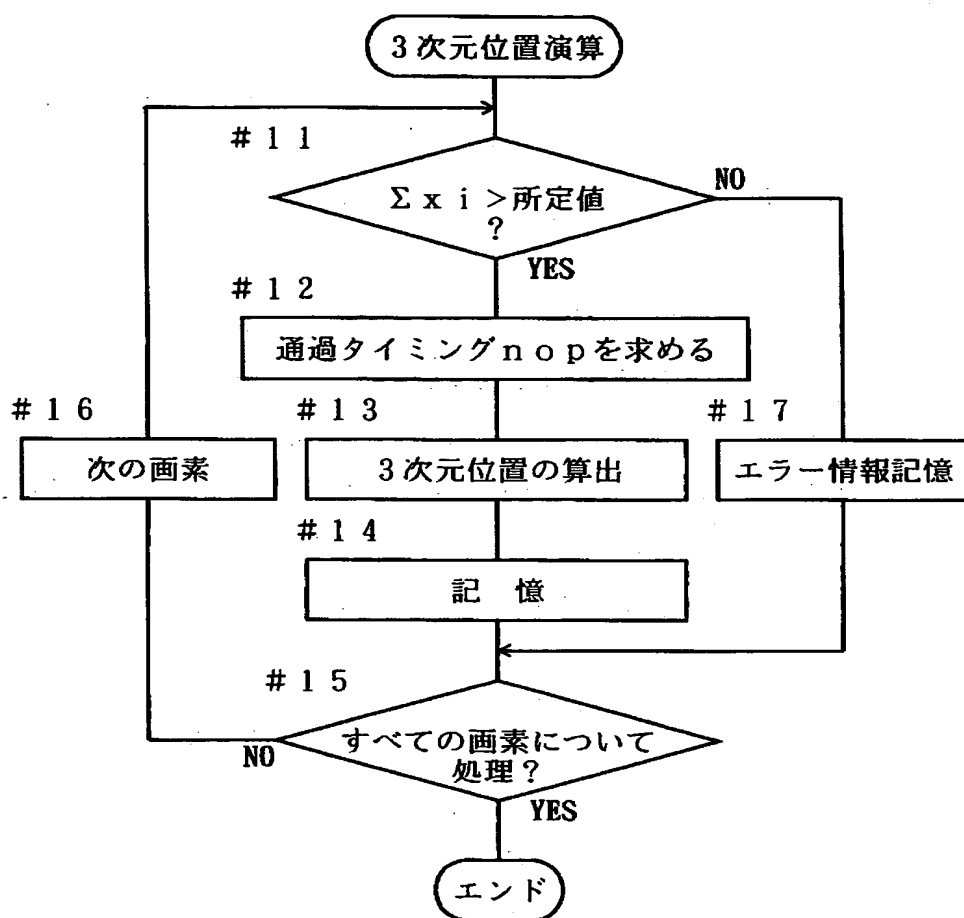
【図 11】



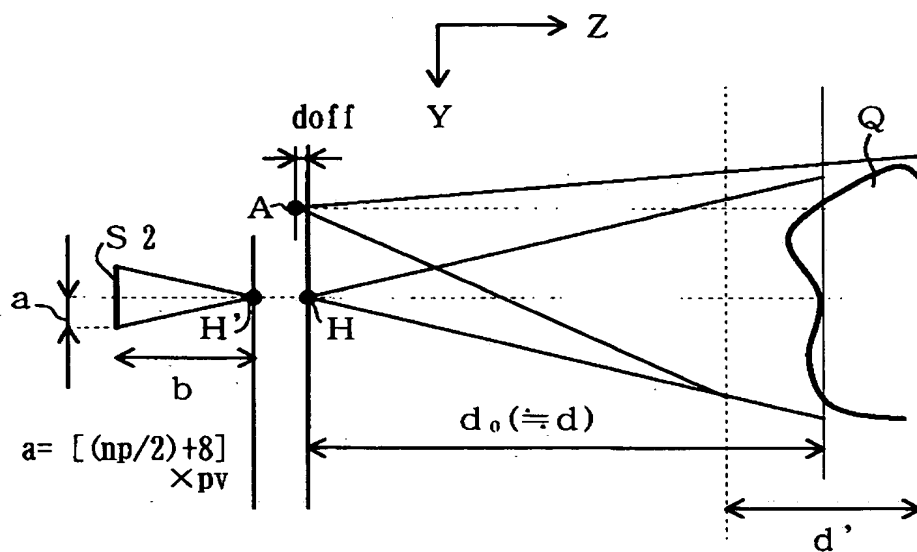
【図 12】



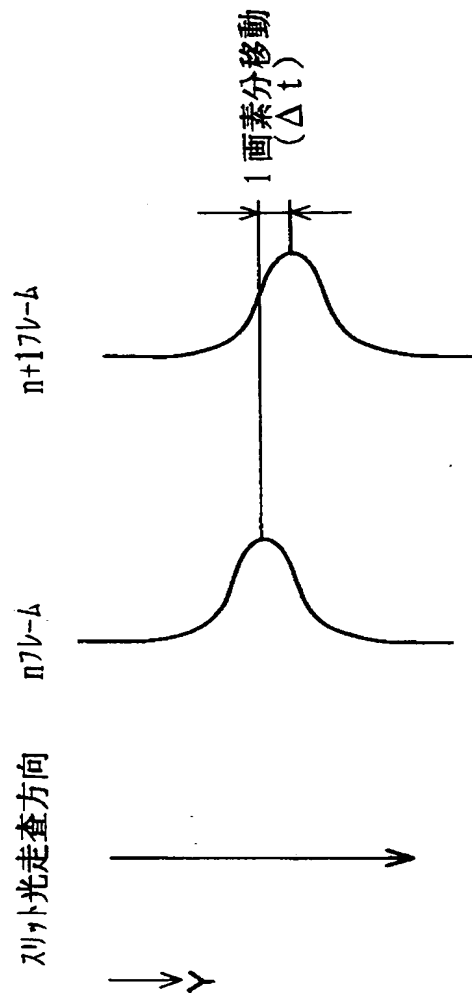
【図 13】



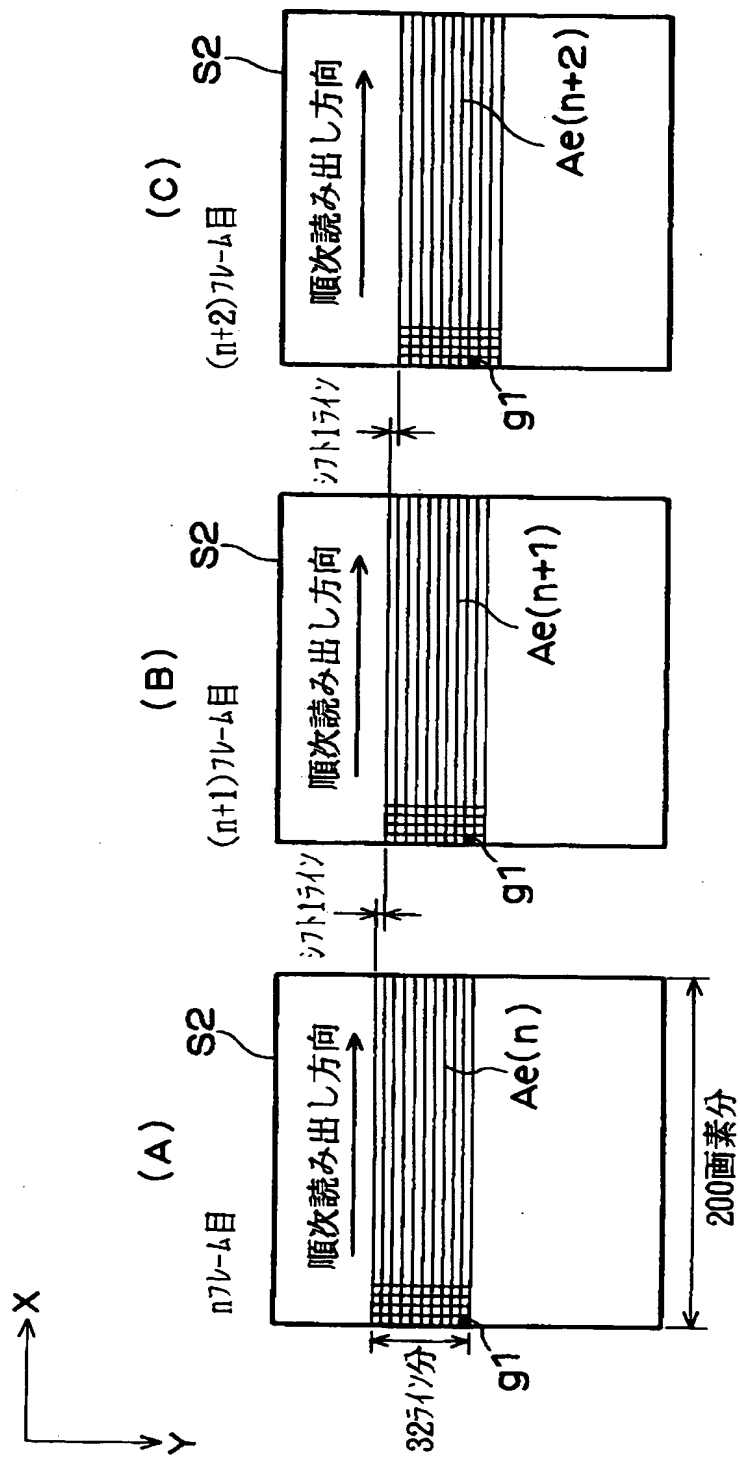
【図 14】



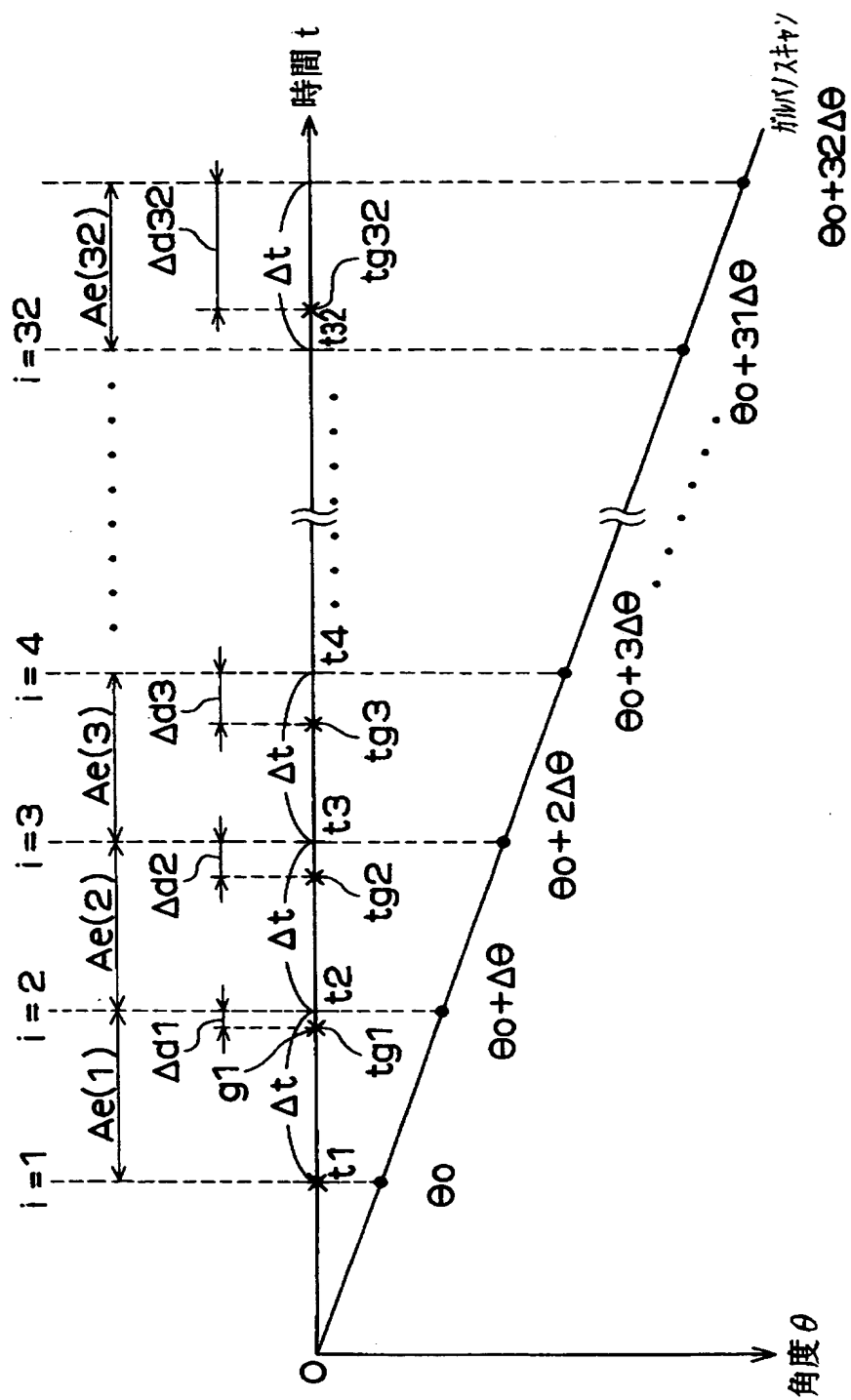
【図 15】



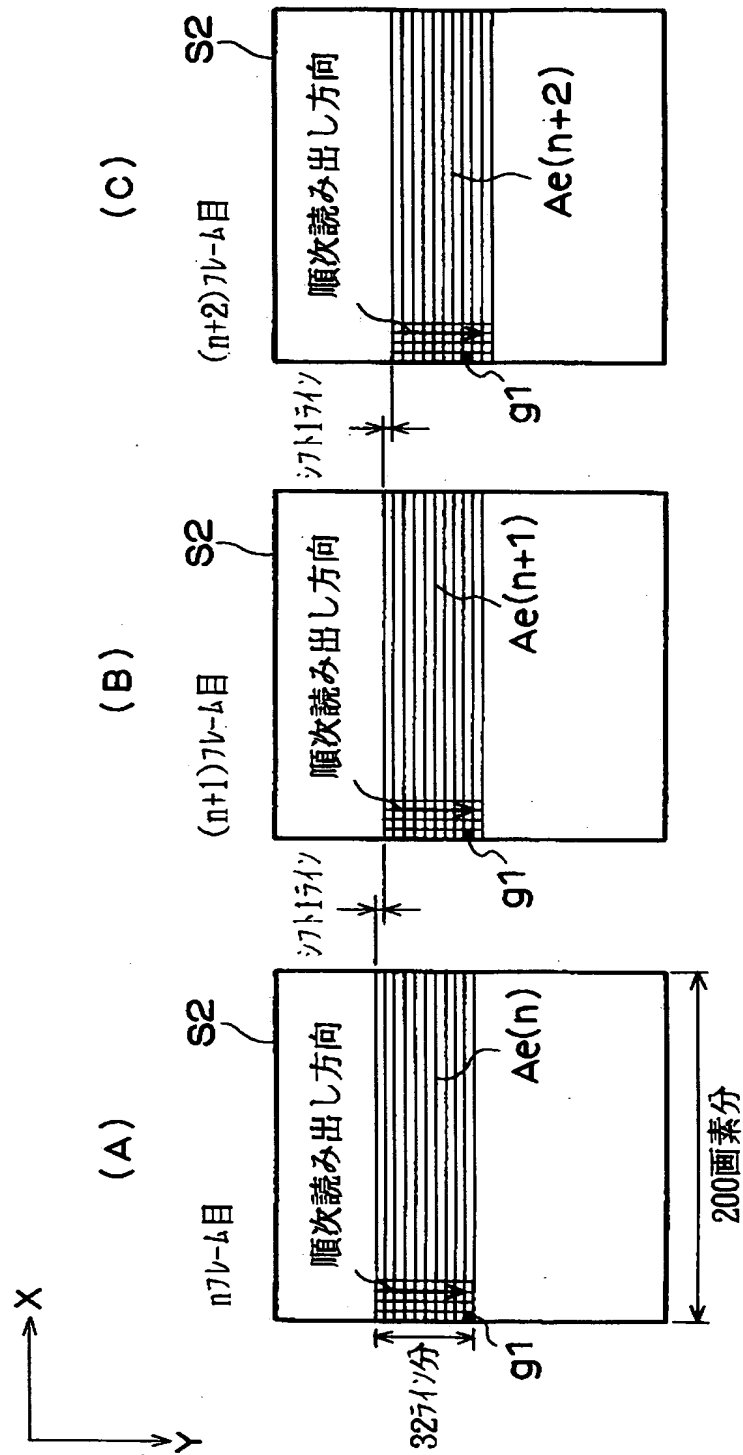
【図 16】



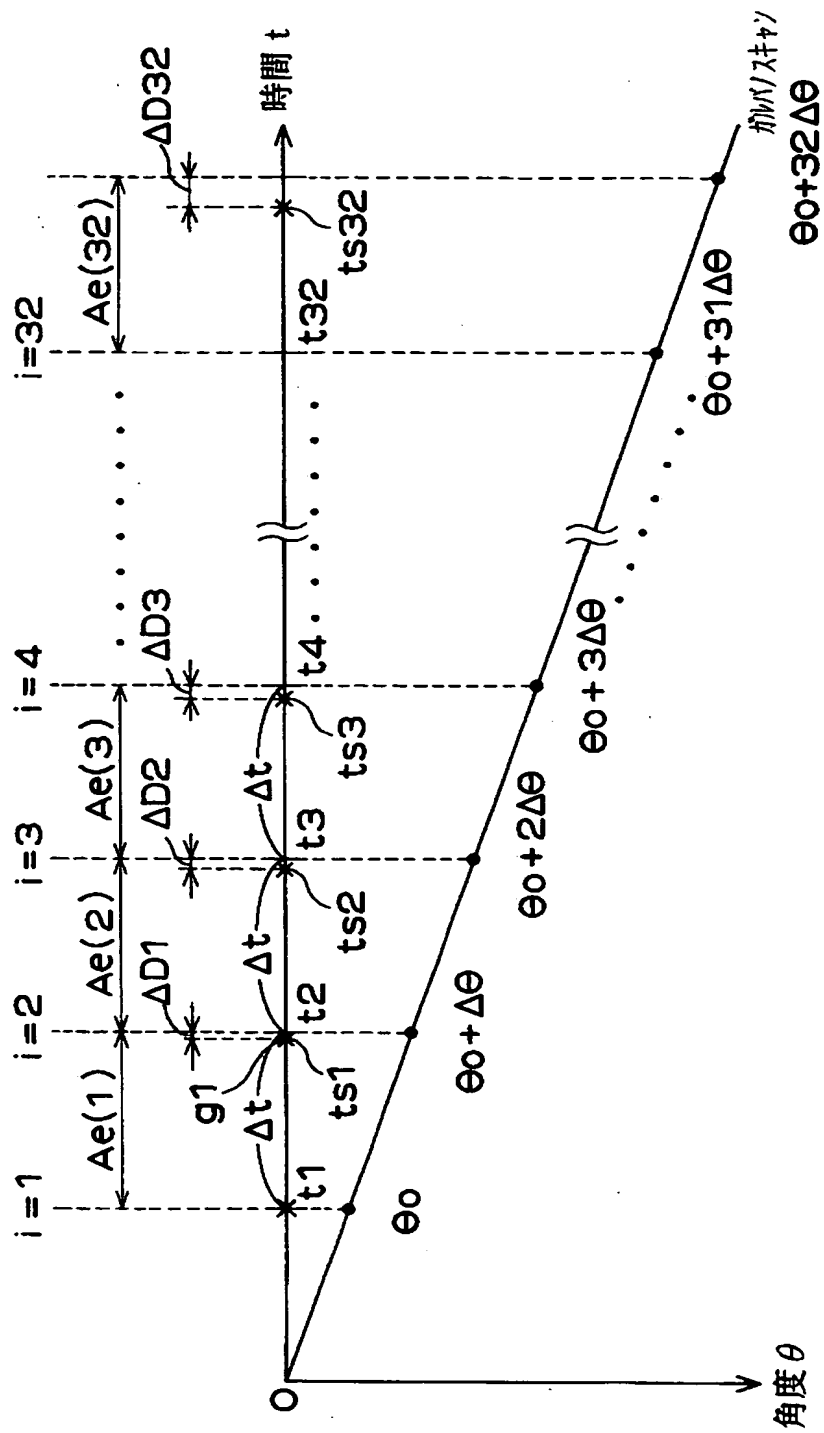
【圖 1 7】



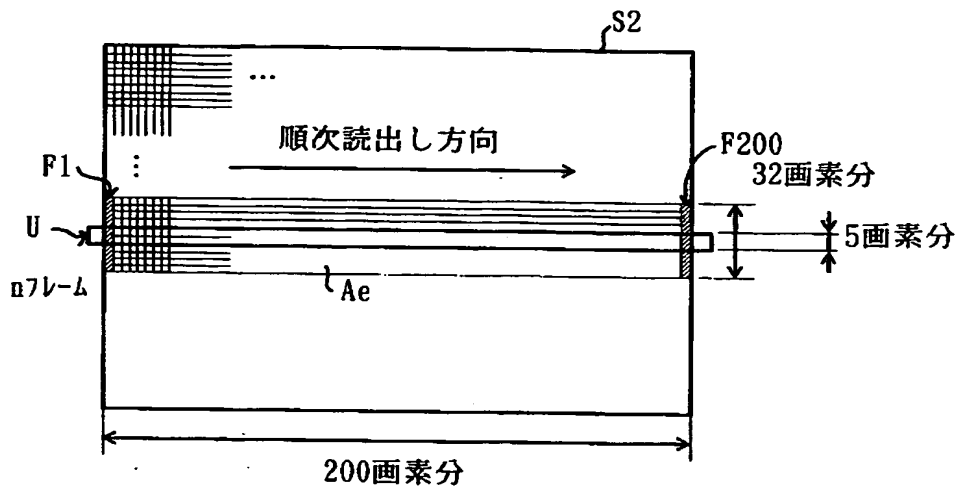
【図 18】



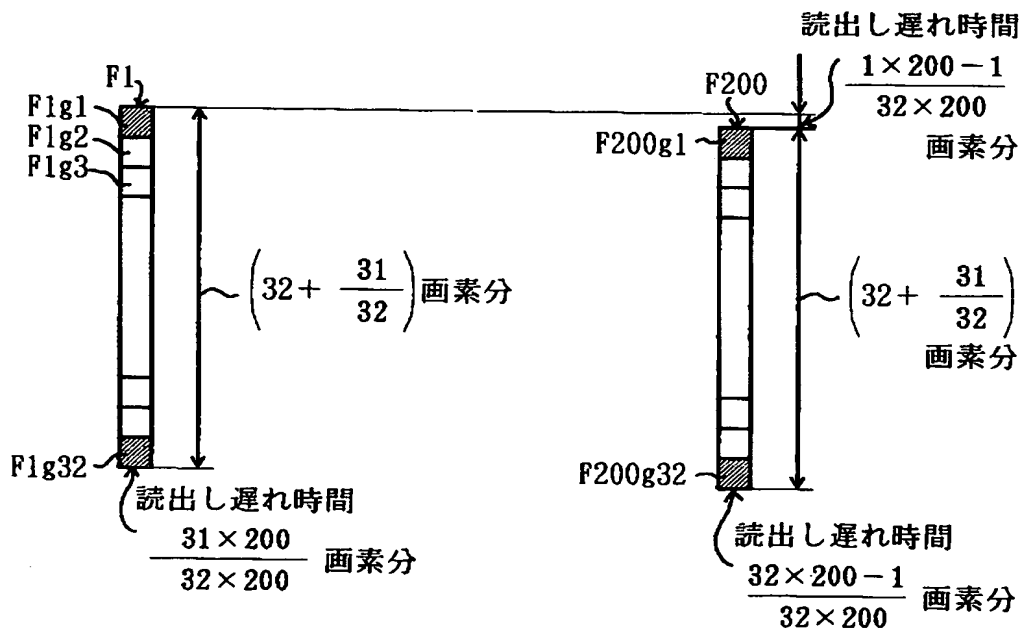
【図 19】



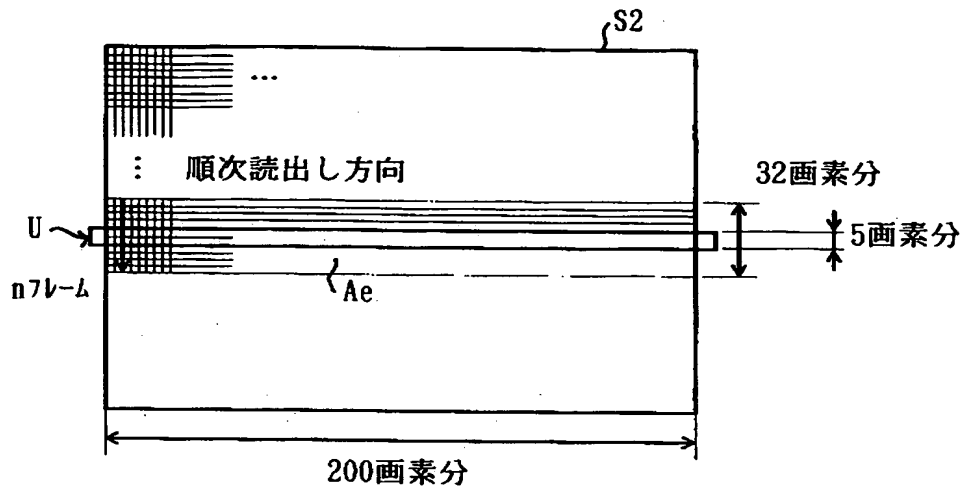
【図20】



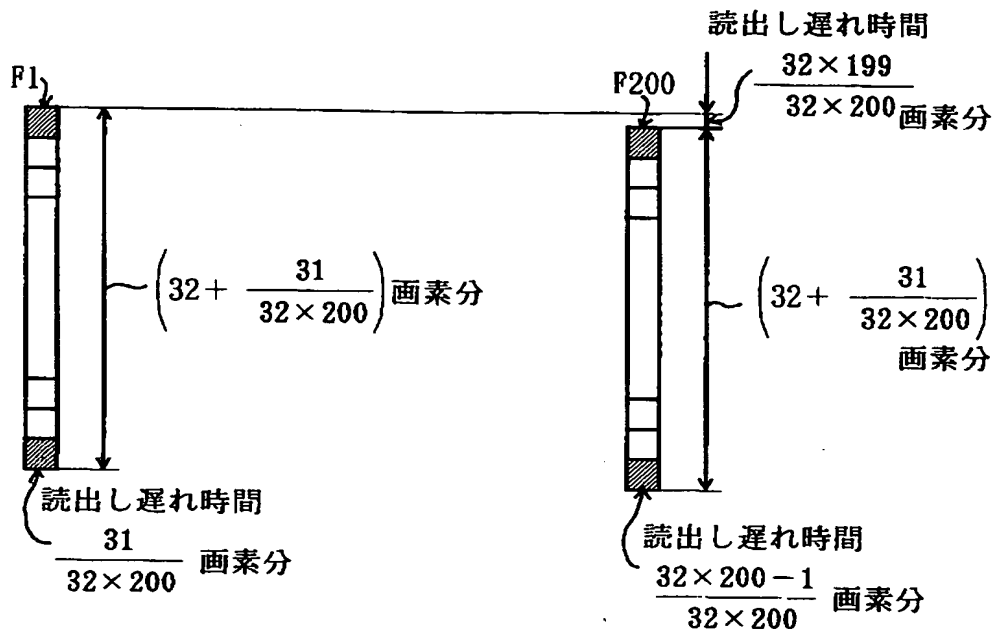
【図21】



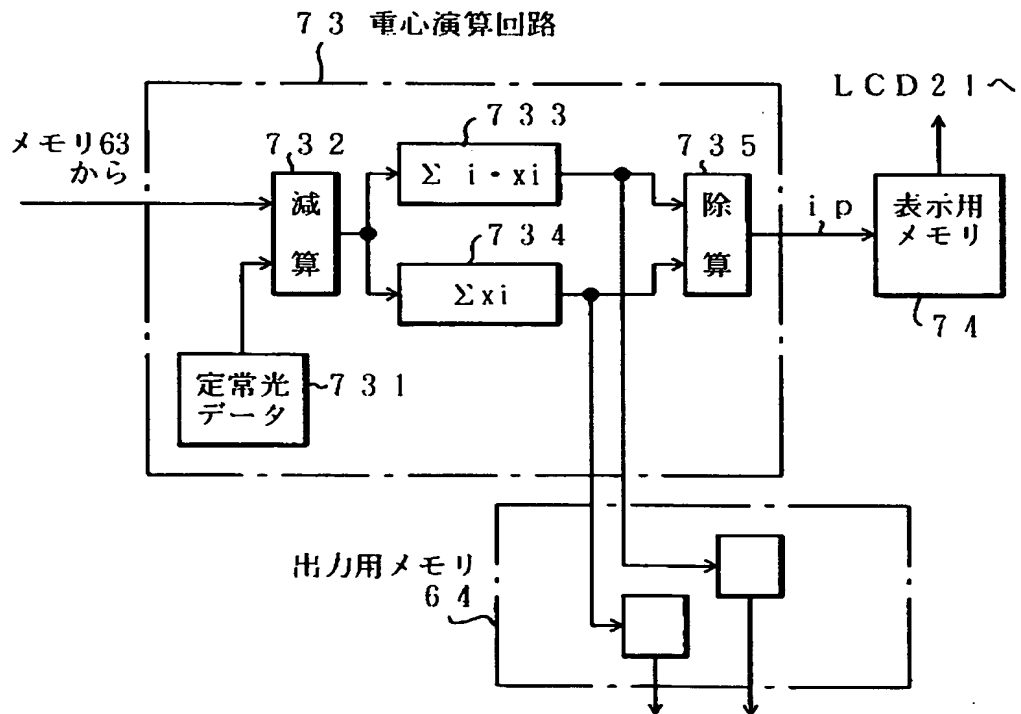
【図 22】



【図 23】



【図 24】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】有効受光領域内の注目画素が読み出されるタイミングと、有効受光領域を1ライン分シフトするタイミングとのずれを補正する処理を別途必要とせず、精度の良い3次元画像を得ること。

【解決手段】物体に検出光を照射する投光手段と、前記検出光の照射方向を偏向させて前記物体を光学的に走査するための走査手段と、2次元の撮像面S1を有し物体で反射した検出光を受光する撮像デバイスと、撮像面S1のうち有効領域Aeに撮像された画像情報を各画素毎に検出光が撮像面S1を移動する方向Yに沿って順次連続的に読み出すように、且つ各有効領域Aeにおける画像情報の読み出し完了毎に有効領域Aeを所定画素分だけ検出光が撮像面S1を移動する方向Yと同一の方向に順次移動するように、撮像デバイスを制御する制御手段と、を有する。

【選択図】 図18

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】
【識別番号】 000006079
【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル
【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社
【代理人】 申請人
【識別番号】 100086933
【住所又は居所】 大阪市淀川区西中島7-1-26 新大阪地産ビル
久保特許事務所
【氏名又は名称】 久保 幸雄

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000006079]

1. 変更年月日 1994年 7月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル

氏 名 ミノルタ株式会社